

09/785, 780  
CAU 2631

# BREVET D'INVENTION

**CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION**

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **19 FEV. 2001**

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04  
Télécopie : 01 42 93 59 30  
<http://www.inpi.fr>

**BEST AVAILABLE COPY**

<p>REMISE DES PIÈCES</p> <p>DATE <b>16 FEV 2000</b></p> <p>LIEU <b>75 INPI PARIS</b></p> <p>N° D'ENREGISTREMENT</p> <p>NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0001911</b></p> <p>DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>16/02/2000</b></p>		<p><b>1</b> NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</p> <p>RINUY, SANTARELLI</p> <p>14, avenue de la Grande Armée</p> <p>75017 PARIS</p>	
<p><b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif) <b>BIF022351/FR</b></p>			
<p><b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie</p>			
<p><b>2</b> NATURE DE LA DEMANDE</p>		<p>Cochez l'une des 4 cases suivantes</p>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date / /
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date / /
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/>	Date / /
		N°	Date / /
<p><b>3</b> TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</p> <p>Procédés et dispositifs d'émission et de réception d'information, et systèmes les mettant en œuvre.</p>			
<p><b>4</b> DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</p>		<p>Pays ou organisation</p> <p>Date / / N°</p> <p>Pays ou organisation</p> <p>Date / / N°</p> <p>Pays ou organisation</p> <p>Date / / N°</p> <p><input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</p>	
<p><b>5</b> DEMANDEUR</p>		<p><input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</p>	
Nom ou dénomination sociale		CANON KABUSHIKI KAISHA	
Prénoms			
Forme juridique		Société de droit Japonais	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku	
	Code postal et ville		Tokyo
Pays		JAPON	
Nationalité		JAPONAISE	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

REMISE DES PIÈCES DATE <b>16 FEV 2000</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0001911</b>		Réservé à l'INPI		DB 540 W / 260899	
<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>(facultatif)</i>			<b>BIF022351/FR</b>		
<b>6 MANDATAIRE</b>					
Nom					
Prénom					
Cabinet ou Société					
<b>RINUY, SANTARELLI</b>					
N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel					
Adresse		Rue			
		<b>14 AVENUE DE LA GRANDE ARMEE</b>			
		Code postal et ville		<b>750017 PARIS</b>	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>					
<b>01 40 55 43 43</b>					
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>					
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>					
<b>7 INVENTEUR (S)</b>					
Les inventeurs sont les demandeurs					
<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <b>Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée</b>					
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>					
<b>Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)</b>					
Établissement immédiat ou établissement différé					
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
Paiement échelonné de la redevance					
<b>Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non					
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>					
<b>Uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :</i>					
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes					
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)					
<b>Bruno QUANTIN N°97.1206</b> <b>RINUY, SANTARELLI</b>					
<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b> <b>A. PAGNIER</b>					

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1/2.  
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		BIF022351/FR	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>			
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)			
Procédés et dispositifs d'émission et de réception d'information, et systèmes les mettant en oeuvre.			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b> CANON KABUSHIKI KAISHA			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		EHRMANN	
Prénoms		Frédérique	
Adresse	Rue	37, rue P.V. Varin de la Brunelière	
	Code postal et ville	35700	RENNES, France.
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		LE BARS	
Prénoms		Philippe	
Adresse	Rue	La Grée d'Epron, EPRON	
	Code postal et ville	35410	NOUVOITOU, France.
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		ROUSSELIN	
Prénoms		Samuel	
Adresse	Rue	37, rue Saint Hélier	
	Code postal et ville	35000	RENNES, France.
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		Le 16 février 2000 Bruno QUANTIN N°92.1206 RINUY, SANTARELLI	

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2. / 2.  
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		BIF022351/FR	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>			
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)			
Procédés et dispositifs d'émission et de réception d'information, et systèmes les mettant en oeuvre.			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b> CANON KABUSHIKI KAISHA			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		THOUMY	
Prénoms		François	
Adresse	Rue	6 impasse du Lieu Verrier	
	Code postal et ville	35250	CHEVAIGNE, France.
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		LE SCOLAN	
Prénoms		Lionel	
Adresse	Rue	3 square Roland Garros	
	Code postal et ville	35000	RENNES, France.
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		Le 16 février 2000 Bruno QUANTIN N°92.1206 RINUY, SANTARELLI	

5

10            La présente invention se rapporte à un procédé et à un dispositif d'émission d'information, à un procédé et à un dispositif de réception d'information, et à des systèmes les mettant en œuvre.

              En particulier, les procédés et les dispositifs de la présente invention prévoient un agencement particulier des données fournies en sortie par un  
15   turbocodeur, de façon à permettre à un décodeur utilisant l'algorithme de Viterbi ou même à un simple décodeur à seuil de décoder ces données, alors que selon l'art antérieur, des données fournies en sortie par un turbocodeur nécessitent un turbodécodeur pour être décodées.

              Un système d'émission d'information émet de façon générale des  
20   symboles (chaque symbole étant par exemple une séquence de données binaires) en série sur un canal de transmission, occupant ainsi une bande de fréquences qui doit nécessairement être plus grande que l'inverse de la durée d'un symbole.

              Lorsque le débit des symboles devient trop élevé, il est impossible de  
25   garantir que le canal de transmission présente des caractéristiques d'amplitude et de phase identiques sur tout l'espace des fréquences constituant la bande passante. Ces distorsions du canal induisent des interférences entre symboles, qu'on peut combattre au moyen d'un égaliseur. Toutefois, un tel système est relativement complexe.

30            Une technique permettant de remédier à ce problème consiste à répartir le signal à transmettre sur un grand nombre de porteuses en parallèle, individuellement modulées à bas débit. Le débit étant bas, la bande passante

nécessaire pour chaque porteuse est plus petite, et donc, il est plus probable que les caractéristiques d'amplitude et de phase seront identiques pour toutes les fréquences constituant cette bande. Cette technique est connue de l'homme du métier sous le nom de multiplexage à division de fréquences orthogonales ou OFDM (en anglais "*Orthogonal Frequency Division Multiplex*"). En effet, les spectres des signaux modulant les sous-porteuses se recouvrent de façon telle qu'ils vérifient la condition d'orthogonalité qui permet d'éliminer les interférences entre sous-porteuses modulées et d'obtenir une efficacité spectrale beaucoup plus grande.

10 L'espacement entre deux sous-porteuses adjacentes correspond à l'inverse de la durée d'un symbole.

La modulation OFDM est généralement assimilée à une transformée de Fourier, de sorte qu'on utilise pour sa mise en œuvre des algorithmes de transformée de Fourier rapide (FFT, en anglais "*Fast Fourier Transform*").

15 On rappelle ci-après les principales étapes effectuées lors de l'émission d'un message à l'aide d'une modulation OFDM.

On groupe tout d'abord les données binaires du message à émettre en blocs de données. Chacun de ces blocs va être transmis indépendamment et va constituer, après modulation en bande de base, un symbole OFDM.

20 Dans chacun de ces blocs de données, on groupe aussi les éléments binaires par sous-ensemble, chaque sous-ensemble subissant ensuite un report de cartographie (en anglais "*mapping*") bijectif sur un ensemble discret de points dans l'espace de Fresnel, chacun de ces points représentant une phase et une amplitude possibles. Ainsi, par exemple, si on considère un message constitué de la suite de bits suivante :  
25 {00001110010001111000...}, on peut en extraire un bloc de 16 bits 0000111001000111, auquel on associe, par report de cartographie, l'ensemble de points suivant du plan complexe :  $1+j$ ,  $1-j$ ,  $-1-j$ ,  $-1+j$ ,  $1+j$ ,  $1-j$ ,  $-1-j$ ,  $-1+j$ . On a donc un ensemble de huit éléments complexes, définissant un vecteur  $U_1$ .

30 On applique ensuite aux vecteurs  $U_1$  ainsi obtenus à partir du message d'origine une transformation de Fourier discrète inverse rapide de



matrice  $A1$ , ce qui fournit un symbole OFDM, constitué d'une suite d'amplitudes complexes.

Chaque symbole OFDM transmis est reçu, après passage dans le canal de transmission, par un récepteur, dont on extrait un vecteur  $V2$  contenant des éléments complexes en multipliant les amplitudes constituant ce  
 5 symbole OFDM par une matrice de transformée de Fourier discrète directe  $A2$ , telle que  $A1.A2 = I$ , où  $I$  désigne la matrice identité.

L'application d'un critère de décision fondé sur le maximum de vraisemblance sur la partie réelle et la partie imaginaire des composantes de  
 10 chaque vecteur  $V2$  permet de retrouver la séquence de symboles initiale, puis de restituer les éléments binaires associés.

Les différents symboles de chaque bloc sont liés entre eux du fait de la combinaison linéaire obtenue en multipliant les éléments d'un vecteur  $U1$  à transmettre par la matrice  $A1$  de transformée de Fourier discrète inverse. Cette  
 15 combinaison linéaire garantit une certaine robustesse et protège les symboles contre les interférences entre symboles complexes à l'intérieur d'un même symbole OFDM.

En revanche, cet effet de protection ne s'étend pas d'un symbole OFDM (c'est-à-dire d'un bloc de symboles complexes) à l'autre.

Pour éviter les interférences entre blocs, il est connu d'utiliser une  
 20 technique qui consiste à ménager une durée de silence ou de non-émission, également appelée temps de garde, entre deux symboles consécutifs.

Par ailleurs, afin de parfaire la fiabilisation du système de transmission, on adjoint avantageusement à la modulation OFDM un codage  
 25 utilisant les turbocodes. Ce type de codage présente en effet, par rapport aux méthodes de codage classiques habituelles, l'avantage suivant : le nombre d'erreurs non corrigées décroît très rapidement pour un faible accroissement du rapport signal à bruit.

On rappelle qu'un turbocodeur classique est constitué de deux  
 30 codeurs convolutifs récurrents systématiques (en anglais RSC, "*Recursive Systematic Convolutional*") et d'un entrelaceur, disposés comme le montre la **figure 1**. Le turbocodeur fournit en sortie trois suites d'éléments binaires ( $x$ ,  $y1$ ,



y2), où x est la sortie dite systématique du turbocodeur, c'est-à-dire n'ayant subi aucun traitement par rapport au signal d'entrée x, y1 est la sortie codée par le premier codeur RSC, et y2 est la sortie codée par le second codeur RSC après passage dans l'entrelaceur.

5            Pour plus de détails sur les turbocodes, on se reportera utilement à l'article de C. BERROU, A. GLAVIEUX et P. THITIMAJSHIMA intitulé "Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: turbo-codes", ICC '93, Genève.

10            La **figure 2** représente un exemple de turbodécodeur classique susceptible de décoder des données fournies par un turbocodeur tel que celui de la figure 1. Les entrées x, y1, y2 du turbodécodeur sont les sorties du turbocodeur telles que reçues par le décodeur après passage dans le canal de transmission, compris ici comme idéal pour faciliter la description. La structure d'un tel turbodécodeur est bien connue de l'homme du métier et ne sera donc  
15 pas décrite en détail ici.

Il est clair, d'après la figure 2, qu'un turbodécodeur présente l'inconvénient d'avoir une structure très complexe.

Il nécessite en particulier deux décodeurs, désignés par "Décodeur 1" et "Décodeur 2" sur la figure 2, par exemple du type BCJR, c'est-à-dire  
20 utilisant l'algorithme de Bahl, Cocke, Jelinek et Raviv, ou du type SOVA (en anglais "*Soft Output Viterbi Algorithm*").

Un turbodécodeur classique nécessite également un rebouclage de la sortie du désentrelaceur  $\pi_2$  sur l'entrée du premier décodeur, afin de transmettre l'information dite "extrinsèque" du second décodeur au premier  
25 décodeur.

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précités.

Dans ce but, la présente invention propose un procédé d'émission d'une séquence d'information d'origine, comportant :

30            - une opération de codage, consistant à coder la séquence d'information d'origine à l'aide d'un code de correction d'erreurs, de façon à obtenir une séquence de symboles codés ;

- une opération de cartographie fréquentielle, consistant à associer à la séquence de symboles codés K symboles fréquentsiels dans un espace fréquentiel constitué d'une suite ordonnée de  $2^p$  fréquences croissantes, périodiquement espacées et associées à une amplitude, chacun des K symboles fréquentsiels représentant N symboles codés, p, K et N étant des entiers strictement positifs ;

- une opération de transformation inverse, consistant à appliquer aux K symboles fréquentsiels une transformation inversible comportant une multiplication par une matrice inversible de dimension égale à  $N \times N$ , de façon à obtenir des signaux de transformée inverse ; et

- une opération d'émission, consistant à émettre sur un canal de transmission des signaux obtenus à partir des signaux de transformée inverse ; ce procédé d'émission étant remarquable en ce qu'il existe un K-uplet d'entiers positifs  $n_1, n_2, \dots, n_K$  dont l'un au moins est strictement positif, tel que pour un entier i variant de 1 à K, après extraction périodique d'une fréquence sur  $2^{n_i}$  parmi les fréquences du  $i^{\text{ème}}$  des K symboles fréquentsiels, formant ainsi un symbole fréquentiel réduit à  $2^{p-n_i}$  fréquences, on obtient un ensemble de K symboles fréquentsiels réduits représentatifs de la séquence d'information d'origine, en vue d'un décodage complet ou partiel.

Ainsi, l'invention permet d'ordonner de façon judicieuse les données issues d'un turbocodeur en utilisant à l'émetteur un système de cartographie en fréquence particulier avant une modulation OFDM.

Selon une variante, il existe un entier strictement positif n tel que, après extraction périodique d'une fréquence sur  $2^n$  parmi les fréquences de chacun des K symboles fréquentsiels, formant ainsi un symbole fréquentiel réduit à  $2^{p-n}$  fréquences, on obtient un ensemble de K symboles fréquentsiels réduits représentatifs de la séquence d'information d'origine.

Cette variante est plus simple que le mode de réalisation précédent, puisqu'on a une seule valeur de granularité n et que, de plus, tous les K symboles fréquentsiels réduits sont de même taille, ce qui implique qu'à la réception, toutes les transformations inversibles appliquées, inverses des



transformations appliquées à l'émission lors de l'opération de transformation inverse précitée, seront également de même taille.

Selon une caractéristique particulière, l'opération de codage comporte au moins une opération de codage convolutif récursif systématique.

5                    Cette caractéristique présente les avantages inhérents au codage correcteur d'erreurs.

Selon une caractéristique particulière, l'opération de codage est une opération de turbocodage.

10                   Cette caractéristique présente les avantages inhérents aux turbocodes et notamment le fait de procurer une meilleure protection des données et le fait que le nombre d'erreurs non corrigées décroît très rapidement pour un faible accroissement du rapport signal sur bruit.

Selon une caractéristique particulière, l'opération de transformation inverse est une opération de transformation de Fourier discrète rapide inverse.

15                   On peut ainsi bénéficier de l'algorithme de la FFT (transformée de Fourier rapide, en anglais "*Fast Fourier Transform*"), performant et rapide.

Selon une caractéristique particulière, la séquence d'information d'origine ayant une longueur  $\ell$ , on choisit une valeur de  $N$  qui soit à la fois une puissance de 2 et égale à  $4\ell$ .

20                   Le fait d'avoir une longueur de symbole multiple d'une puissance de 2 permet d'utiliser directement l'algorithme de FFT sans se préoccuper de compléter les symboles par une technique appropriée telle que l'ajout de zéros ou "*zero padding*". La valeur  $4\ell$  provient de la façon dont fonctionne la FFT, à savoir, la possibilité de diviser sa taille par 2 ou par 4, dans des modes  
25                   particuliers de réalisation où l'émetteur comporte un turbocodeur à deux ou à trois parités.

De façon plus générale, on peut envisager des réalisations où l'émetteur comporte un turbocodeur à plus de trois parités ; dans ce cas, les blocs de sous-porteuses comportent un nombre de sous-porteuses égal à une  
30                   puissance de 2 quelconque. Le facteur multiplicatif de  $\ell$  est lié, de façon générale, aux valeurs de  $n_i$  ou  $n$  définies plus haut.

Selon une caractéristique particulière, l'opération de codage est une opération de turbocodage à deux parités et, lors de l'opération de cartographie fréquentielle, pour chaque bloc de quatre fréquences successives, correspondant respectivement à quatre sous-porteuses :

5                   - on associe la sortie systématique obtenue à l'issue de l'opération de turbocodage à la première sous-porteuse disponible, au sens de la fréquence la plus basse du bloc ;

                    - on associe la sortie de seconde parité obtenue à l'issue de l'opération de turbocodage à la deuxième sous-porteuse du bloc ;

10                  - on associe la sortie de première parité obtenue à l'issue de l'opération de turbocodage à la troisième sous-porteuse du bloc ; et

                    - on associe également la sortie systématique à la quatrième sous-porteuse disponible, au sens de la fréquence la plus haute du bloc.

15                  Ainsi, on place les sorties du turbocodeur judicieusement, de façon à pouvoir récupérer facilement, à la réception, les sorties intéressantes suivant la taille de la FFT choisie. Le fait de faire apparaître deux fois la sortie systématique permet, d'une part, d'exploiter de façon optimale les fréquences disponibles et, d'autre part, de mieux protéger la sortie systématique en vue de sa bonne récupération à la réception.

20                  Selon une caractéristique particulière, l'opération de codage est une opération de turbocodage à trois parités et, lors de l'opération de cartographie fréquentielle, pour chaque bloc de quatre fréquences successives, correspondant respectivement à quatre sous-porteuses :

25                   - on associe la sortie systématique obtenue à l'issue de l'opération de turbocodage à la première sous-porteuse disponible, au sens de la fréquence la plus basse du bloc ;

                    - on associe la sortie de deuxième parité obtenue à l'issue de l'opération de turbocodage à la deuxième sous-porteuse du bloc ;

30                  - on associe la sortie de première parité obtenue à l'issue de l'opération de turbocodage à la troisième sous-porteuse du bloc ; et

- on associe la sortie de troisième parité obtenue à l'issue de l'opération de turbocodage à la quatrième sous-porteuse disponible, au sens de la fréquence la plus haute du bloc.

On peut ici utiliser toutes les fréquences de chaque bloc sans répéter une sortie du turbocodeur.

Selon une caractéristique particulière, le procédé d'émission met en œuvre une modulation de type OFDM, laquelle présente les avantages mentionnés en introduction.

Dans le même but que celui indiqué plus haut, la présente invention propose également un dispositif d'émission d'une séquence d'information d'origine, comportant :

- un module de codage, pour coder la séquence d'information d'origine à l'aide d'un code de correction d'erreurs, de façon à obtenir une séquence de symboles codés ;
  - un module de cartographie fréquentielle, pour associer à la séquence de symboles codés  $K$  symboles fréquentiels dans un espace fréquentiel constitué d'une suite ordonnée de  $2^p$  fréquences croissantes périodiquement espacées et associées à une amplitude, chacun des  $K$  symboles fréquentiels représentant  $N$  symboles codés,  $p$ ,  $K$  et  $N$  étant des entiers strictement positifs ;
  - un module de transformation inverse, pour appliquer aux  $K$  symboles fréquentiels une transformation inversible comportant une multiplication par une matrice inversible de dimension égale à  $N \times N$ , de façon à obtenir des signaux de transformée inverse ; et
  - un module d'émission, pour émettre sur un canal de transmission des signaux obtenus à partir des signaux de transformée inverse ;
- ce dispositif d'émission étant remarquable en ce qu'il existe un  $K$ -uplet d'entiers positifs  $n_1, n_2, \dots, n_K$  dont l'un au moins est strictement positif, tel que pour un entier  $i$  variant de 1 à  $K$ , après extraction périodique d'une fréquence sur  $2^{n_i}$  parmi les fréquences du  $i^{\text{ème}}$  des  $K$  symboles fréquentiels, formant ainsi un symbole fréquentiel réduit à  $2^{p-n_i}$  fréquences, on obtient un ensemble de  $K$



symboles fréquentiels réduits représentatifs de la séquence d'information d'origine, en vue d'un décodage complet ou partiel.

Les caractéristiques particulières et avantages du dispositif d'émission étant les mêmes que ceux du procédé d'émission, ils ne sont pas  
5 rappelés ici.

Toujours dans le même but, la présente invention propose en outre un procédé de réception de signaux représentatifs d'une séquence d'information d'origine émise à l'aide d'un procédé d'émission tel que ci-dessus, remarquable en ce que, à partir d'un K-uplet de granularités égales à des  
10 entiers positifs  $n'_1, n'_2, \dots, n'_K$  tels que chaque entier  $n'_i$  est inférieur ou égal audit entier  $n_i$ , ce procédé de réception comporte :

- une opération de réception de K symboles fréquentiels émis à l'aide du procédé d'émission précité ;
- une opération d'extraction, consistant, pour chaque entier i variant  
15 de 1 à K, à extraire périodiquement une fréquence sur  $2^{n'_i}$  parmi les fréquences du  $i^{\text{ème}}$  des K symboles fréquentiels reçus, formant ainsi un symbole fréquentiel réduit à  $2^{p-n'_i}$  fréquences ;
- une opération de transformation, consistant, pour chaque entier i variant de 1 à K, à appliquer à ce symbole fréquentiel réduit à  $2^{p-n'_i}$  fréquences,  
20 une transformation inversible comportant une multiplication par une matrice inversible de dimension  $2^{p-n'_i} \times 2^{p-n'_i}$  ; et
- une opération de décodage de l'ensemble des K symboles fréquentiels réduits à  $2^{p-n'_i}$  fréquences, formant ainsi une séquence d'information décodée.

25 Une granularité de n correspond à l'extraction périodique d'une fréquence sur  $2^n$  fréquences.

Un tel procédé de réception permet de s'affranchir de la nécessité de démoduler les symboles reçus avec une FFT de même taille que la IFFT (transformée de Fourier rapide inverse, en anglais "*Inverse Fast Fourier Transform*") utilisée à l'émission.  
30

Selon une caractéristique particulière, on détermine le K-uplet de granularités lors d'une opération de choix.



Cela permet de définir le K-uplet de granularités, soit une fois pour toutes, soit de façon adaptative, en fonction de l'état du canal de transmission.

Selon une variante, la séquence d'information d'origine ayant été émise à l'aide d'un procédé d'émission selon la variante succinctement exposée plus haut, le procédé de réception est remarquable en ce que, à partir d'une granularité égale à un entier positif  $n'$  inférieur ou égal audit entier  $n$ , il comporte :

- une opération de réception de  $K$  symboles fréquentiels émis à l'aide du procédé d'émission précité ;
- une opération d'extraction, consistant à extraire périodiquement une fréquence sur  $2^{n'}$  parmi les fréquences de chacun des  $K$  symboles fréquentiels reçus, formant ainsi un symbole fréquentiel réduit à  $2^{p-n'}$  fréquences ;
- une opération de transformation, consistant à appliquer, à chacun des  $K$  symboles fréquentiels réduits à  $2^{p-n'}$  fréquences, une transformation inversible comportant une multiplication par une matrice inversible de dimension  $2^{p-n'} \times 2^{p-n'}$  ; et
- une opération de décodage de l'ensemble des  $K$  symboles fréquentiels réduits à  $2^{p-n'}$  fréquences, formant ainsi une séquence d'information décodée.

Cette variante est plus simple que la réalisation précédente, puisque la granularité se réduit à une seule valeur pour tous les symboles.

Selon une caractéristique particulière, on détermine la granularité lors d'une opération de choix.

Cette caractéristique présente les mêmes avantages que dans le cas où on a un K-uplet de granularités.

Selon une caractéristique particulière, l'opération de choix consiste à choisir la ou les granularités d'autant plus grandes que la qualité de réception est meilleure.

Ainsi, meilleure est la qualité de réception, moins on prend de fréquences dans chaque symbole, et par conséquent, plus la FFT est courte et donc, plus la mise en œuvre est simple et rapide.



Selon une caractéristique particulière, l'opération de choix consiste à choisir la ou les granularités à partir d'une table de consultation donnant les valeurs de granularités possibles en fonction de rapports signal sur bruit.

5 Une telle table de consultation permet un gain de temps appréciable ; elle permet de réaliser un système adaptatif où on choisit la ou les valeurs de granularité en fonction de la valeur mesurée du rapport signal sur bruit. Elle permet en outre un gain en termes de réalisation matérielle, étant donné qu'on effectue un plus petit nombre d'opérations.

10 Selon une caractéristique particulière, l'opération de choix consiste à choisir la ou les granularités à partir d'une table de consultation donnant les valeurs de granularités possibles en fonction de la distance entre un émetteur mettant en œuvre un procédé d'émission tel que ci-dessus et un récepteur mettant en œuvre le procédé de réception de l'invention.

15 La table de consultation présente des avantages similaires à la table de consultation précédente.

Selon une caractéristique particulière, l'opération de transformation est une opération de transformation de Fourier discrète rapide directe.

Cette caractéristique présente les mêmes avantages que l'utilisation d'une transformation de Fourier discrète rapide inverse à l'émission.

20 Selon une caractéristique particulière, l'opération de décodage consiste à décoder l'ensemble de symboles fréquentiels réduits suivant une technique de décodage fonction de la ou des granularités.

25 On peut ainsi réduire la complexité de la réception grâce aux valeurs de la ou des granularités : plus celle(s)-ci est (sont) grande(s), plus le décodeur est simple.

Ainsi, l'opération de décodage peut être, soit une opération de turbodécodage, soit une opération de décodage de Viterbi, soit encore une opération de décodage à seuil.

30 Toujours dans le même but, la présente invention propose aussi un dispositif de réception de signaux représentatifs d'une séquence d'information d'origine émise par un dispositif d'émission tel que ci-dessus, remarquable en ce que, à partir d'un K-uplet de granularités égales à des entiers positifs  $n'_1$ ,  $n'_2$ ,



...,  $n'_K$  tels que chaque entier  $n'_i$  est inférieur ou égal audit entier  $n_i$ , ce dispositif de réception comporte :

- un module de transformation, pour appliquer, pour chaque entier  $i$  variant de 1 à  $K$ , au symbole fréquentiel réduit à  $2^{p-n'_i}$  fréquences, une transformation inversible comportant une multiplication par une matrice inversible de dimension  $2^{p-n'_i} \times 2^{p-n'_i}$  ; et
- un module de décodage, pour décoder l'ensemble des  $K$  symboles fréquentiels réduits à  $2^{p-n'_i}$  fréquences, formant ainsi une séquence d'information décodée.

Les caractéristiques particulières et avantages du dispositif de réception étant les mêmes que ceux du procédé de réception, ils ne sont pas rappelés ici.

La présente invention vise aussi un appareil de traitement de signaux numériques, comportant des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé d'émission et/ou un procédé de réception d'information tels que ci-dessus.

La présente invention vise aussi un appareil de traitement de signaux numériques, comportant un dispositif d'émission et/ou un dispositif de réception d'information tels que ci-dessus.

La présente invention vise aussi un réseau de télécommunications, comportant des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé d'émission et/ou un procédé de réception d'information tels que ci-dessus.

La présente invention vise aussi un réseau de télécommunications, comportant un dispositif d'émission et/ou un dispositif de réception d'information tels que ci-dessus.

La présente invention vise aussi une station mobile dans un réseau de télécommunications, comportant des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé d'émission et/ou un procédé de réception d'information tels que ci-dessus.

La présente invention vise aussi une station mobile dans un réseau de télécommunications, comportant un dispositif d'émission et/ou un dispositif de réception d'information tels que ci-dessus.

L'invention vise aussi :

- un moyen de stockage d'informations lisible par un ordinateur ou un microprocesseur conservant des instructions d'un programme informatique, permettant la mise en œuvre d'un procédé d'émission et/ou d'un procédé de réception d'information tels que ci-dessus, et

- 5                   - un moyen de stockage d'informations amovible, partiellement ou totalement, lisible par un ordinateur ou un microprocesseur conservant des instructions d'un programme informatique, permettant la mise en œuvre d'un procédé d'émission et/ou d'un procédé de réception d'information tels que ci-dessus.

10               L'invention vise aussi un programme d'ordinateur comportant des séquences d'instructions pour mettre en œuvre un procédé d'émission et/ou un procédé de réception d'information tels que ci-dessus.

15               Les caractéristiques particulières et avantages des différents appareils de traitement de signaux numériques, des différents réseaux de télécommunications, des différentes stations mobiles, des moyens de stockage d'informations et du programme d'ordinateur étant les mêmes que ceux des procédés d'émission et de réception selon l'invention, ces caractéristiques particulières et avantages ne sont pas rappelés ici.

20               D'autres aspects et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit de modes particuliers de réalisation, donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, représente de façon schématique la structure d'un turbocodeur classique ;
- 25               - la figure 2, déjà décrite, représente de façon schématique la structure d'un turbodécodeur classique ;
- la figure 3 représente de façon schématique la structure d'un dispositif d'émission conforme à la présente invention, dans un mode particulier de réalisation où l'invention met en œuvre un turbocodeur à deux parités ;
- 30               - les figures 4 à 6 représentent de façon schématique la structure d'un dispositif de réception conforme à la présente invention, respectivement dans un mode particulier de réalisation où l'invention met en œuvre un

turbodécodeur, dans une première variante de réalisation où l'invention met en œuvre un décodeur de Viterbi et dans une deuxième variante où l'invention met en œuvre un décodeur à seuil ;

5 - la figure 7 représente de façon schématique, dans l'espace des fréquences, l'ordonnancement des sorties d'un turbocodeur à deux parités sur les différentes sous-porteuses disponibles, avant application de la transformation inversible lors de l'émission, conformément au procédé d'émission de l'invention, dans le mode particulier de réalisation de la figure 3 ;

10 - la figure 8 représente de façon schématique, dans l'espace des fréquences, le mode de récupération des sorties d'un turbocodeur à deux parités, après application de la transformation inversible lors de la réception, dans trois modes particuliers de réalisation, en fonction de la taille de cette transformation, et montre le type de décodage utilisé ;

15 - la figure 9 représente de façon schématique la structure d'un dispositif d'émission conforme à la présente invention, dans un mode particulier de réalisation où l'invention met en œuvre un turbocodeur à trois parités ;

20 - la figure 10 représente de façon schématique, dans l'espace des fréquences, l'ordonnancement des sorties d'un turbocodeur à trois parités sur les différentes sous-porteuses disponibles, avant application de la transformation inversible lors de l'émission, conformément au procédé d'émission de l'invention, dans le mode particulier de réalisation de la figure 9 ;

- la figure 11 est un organigramme illustrant les étapes successives du procédé d'émission de l'invention, dans un mode particulier de réalisation où l'invention met en œuvre un turbocodeur à deux parités ;

25 - la figure 12 est un organigramme illustrant les étapes successives du procédé de réception de l'invention, dans un mode particulier de réalisation où on choisit de décoder les données reçues à l'aide d'un turbodécodeur ;

30 - la figure 13 est un organigramme illustrant les étapes successives du procédé de réception de l'invention, dans une première variante où on choisit de décoder les données reçues à l'aide d'un décodeur de Viterbi ;

- la figure 14 est un organigramme illustrant les étapes successives du procédé de réception de l'invention, dans une deuxième variante où on choisit de décoder les données reçues à l'aide d'un décodeur à seuil ;

5       - la figure 15 est un organigramme illustrant les étapes successives du procédé de réception de l'invention, dans une troisième variante où on prend en compte la qualité du canal de transmission ;

- la figure 16 est une vue schématique simplifiée d'un réseau de télécommunication sans fil, par exemple du type conforme au projet ETSI HiperLan2, susceptible de mettre en œuvre l'invention ;

10       - la figure 17 est une représentation schématique d'une station périphérique d'un réseau tel que celui de la figure 16, utilisée pour l'émission et susceptible de mettre en œuvre l'invention ; et

15       - la figure 18 est une représentation schématique d'une station périphérique d'un réseau tel que celui de la figure 16, utilisée pour la réception et susceptible de mettre en œuvre l'invention.

L'invention est décrite ici, de façon nullement limitative, dans son application particulière à la modulation OFDM.

20       Comme le montre la **figure 3**, un dispositif d'émission conforme à la présente invention comporte un module de codage 30 destiné à coder les données d'entrée au moyen d'un code correcteur d'erreurs. Le module 30 peut par exemple être un turbocodeur à deux parités, constitué de deux codeurs convolutifs récurrents systématiques et d'un entrelaceur, tel que celui de la figure 1. L'entrelaceur utilisé peut être par exemple du type de ceux décrits dans le document de brevet FR-A-2 773 287. Le module 30 présente une sortie

25       systématique x, une sortie correspondant à la première parité y1 et une sortie correspondant à la seconde parité y2.

30       Les trois séquences de symboles codés x, y1, y2 sont fournies en entrée à un système de cartographie fréquentielle 32, qui les ordonne et les place d'une façon particulière sur les sous-porteuses du spectre disponible pour constituer des symboles fréquents.

Cet ordonnancement et cette disposition particuliers sont illustrés sur la **figure 7**, qui est une représentation schématique de l'espace des fréquences

f. Cet espace est constitué d'une suite ordonnée de  $2^p$  fréquences croissantes, périodiquement espacées et associées à une amplitude,  $p$  étant un entier strictement positif.

Soit  $\ell$  la longueur de la séquence d'entrée  $x$ .

5 Dans le mode particulier de réalisation décrit ici, on utilise une modulation OFDM de taille  $N$ ,  $N$  étant un entier strictement positif. On choisit avantageusement une valeur de  $N$  qui soit à la fois une puissance de 2 et égale à  $4\ell$ .

10 Sur chaque bloc de 4 fréquences, correspondant respectivement à 4 sous-porteuses, on applique le quadruplet  $(x, y_2, y_1, x)$ .

Ainsi, dans chaque bloc :

- la sortie systématique  $x$  est placée sur la première sous-porteuse disponible, au sens de la fréquence la plus basse du bloc,
- la sortie du second codeur RSC  $y_2$ , après entrelacement, est placée sur la sous-porteuse disponible suivante, c'est-à-dire la seconde du bloc,
- la sortie du premier codeur RSC  $y_1$  est placée sur la troisième sous-porteuse disponible et
- la quatrième sous-porteuse disponible, au sens de la fréquence la plus haute du bloc, est utilisée pour répéter la sortie systématique  $x$ .

Cette répartition est répétée pour l'ensemble des  $\ell$  blocs de 4 sous-porteuses du spectre disponible.

25 Le dispositif d'émission de la figure 3 comporte en outre, en sortie du système de cartographie fréquentielle 32, un modulateur OFDM 34. Le modulateur OFDM 34 applique aux symboles fréquents fournis par le système de cartographie fréquentielle 32 une transformation inversible comportant notamment une opération de multiplication par une matrice inversible de dimension  $N \times N$ . A titre d'exemple nullement limitatif, cette transformation peut être une transformation de Fourier discrète rapide inverse

30 de taille  $N$ .

Un module d'émission 36, non représenté en détail, émet sur un canal de transmission des signaux obtenus à partir des signaux de transformée

de Fourier inverse, après leur avoir appliqué des traitements classiques de modulation et de filtrage, bien connus de l'homme du métier, et éventuellement une modulation en bande transposée.

La **figure 4** représente de façon schématique la structure d'un  
 5 dispositif de réception conforme à la présente invention dans un premier mode de réalisation. Le dispositif de réception de la figure 4 comporte notamment un turbodécodeur classique 44.

Les symboles reçus sont fournis en entrée à un premier  
 10 démodulateur OFDM 40, qui leur applique une transformation inverse de celle appliquée à l'émission. Dans l'exemple décrit ici, cette transformation, lors de la réception, est une transformation de Fourier discrète rapide directe.

Dans ce premier mode de réalisation, le démodulateur 40 applique aux symboles reçus une transformation de Fourier de taille N.

Le dispositif de réception de la figure 4 comporte en outre un premier  
 15 module de récupération des fréquences d'intérêt 42, qui a une fonction de convertisseur parallèle/série, pour récupérer, d'une part, les fréquences portant les sorties systématiques x, d'autre part, celles portant les sorties du premier codeur RSC y1, et enfin, celles portant les sorties du second codeur RSC après entrelacement, y2.

20 Les sorties du module 42 sont fournies en entrée au turbodécodeur 44, qui estime la séquence effectivement émise.

La **figure 5** représente de façon schématique la structure d'un  
 dispositif de réception conforme à la présente invention dans une variante de  
 25 réalisation. Le dispositif de réception de la figure 5 comporte notamment un décodeur de Viterbi classique 54.

Les symboles reçus sont fournis en entrée à un deuxième  
 démodulateur OFDM 50, qui leur applique une transformation de Fourier  
 discrète rapide directe de taille N/2. Pour cela, comme la montre la **figure 8**, le  
 30 démodulateur 50 extrait périodiquement une fréquence sur 2 parmi les fréquences de chaque symbole fréquentiel, formant ainsi un bloc fréquentiel réduit à 2 fréquences : celle portant la sortie systématique x et celle portant la

sortie du premier codeur RSC y1. On obtient donc un ensemble de symboles fréquentiels réduits représentatifs de la séquence d'entrée.

Le dispositif de réception de la figure 5 comporte en outre un deuxième module de récupération des fréquences d'intérêt 52, qui, de façon analogue au premier module de récupération des fréquences d'intérêt 42 de la figure 4, récupère, d'une part, les fréquences portant les sorties systématiques x et d'autre part, celles portant les sorties du premier codeur RSC y1.

Les sorties du module 52 sont fournies en entrée au décodeur de Viterbi 54, qui estime la séquence effectivement émise.

10 La **figure 6** représente de façon schématique la structure d'un dispositif de réception conforme à la présente invention dans une autre variante de réalisation. Le dispositif de réception de la figure 6 comporte notamment un décodeur à seuil classique 64.

Les symboles reçus sont fournis en entrée à un troisième démodulateur OFDM 60, qui leur applique une transformation de Fourier discrète rapide directe de taille  $N/4$ . Pour cela, comme le montre la figure 8, le démodulateur 60 extrait périodiquement une fréquence sur 4 parmi les fréquences de chaque symbole fréquentiel, formant ainsi un bloc fréquentiel réduit à 1 fréquence : celle portant la sortie systématique x. On obtient donc un ensemble de symboles fréquentiels réduits représentatifs de la séquence d'entrée.

Le dispositif de la figure 6 comporte en outre un troisième module de récupération des fréquences d'intérêt 62, qui, en fait, récupère toutes les fréquences issues du démodulateur 60, qui portent toutes la sortie systématique x.

La sortie du module 62 est fournie en entrée au décodeur à seuil 64, qui estime la séquence effectivement émise.

Si le récepteur se trouve à proximité de l'émetteur, ce qui est généralement le cas, par exemple, lorsque l'émetteur est un PC (ordinateur personnel, en anglais "*Personal Computer*") et le récepteur est une imprimante proche du PC, il n'est pas nécessaire de faire appel à un turbodécodeur lors de la réception. Le dispositif de réception est alors du type de celui illustré sur la





figure 5, voire du type de celui illustré sur la figure 6, c'est-à-dire que la transformation de Fourier discrète rapide directe appliquée est de taille  $N/2$ , voire respectivement  $N/4$ , et que le décodeur utilisé est un décodeur de Viterbi, voire respectivement un simple décodeur à seuil.

5            En revanche, si le récepteur est éloigné de l'émetteur, ce qui est généralement le cas, par exemple, lorsque l'émetteur est un PC et le récepteur est un serveur distant du PC, le dispositif de réception sera avantageusement choisi du type de celui illustré sur la figure 4, c'est-à-dire que la transformation de Fourier discrète rapide directe appliquée est de taille  $N$ , pour assurer un  
10    turbodécodage des données.

Ainsi, conformément à la présente invention, on peut prévoir un récepteur de moindre coût sur certains appareils dont on sait à l'avance qu'ils seront proches de l'émetteur et conserver les circuits plus complexes, et donc plus coûteux, pour les appareils pour lesquels cela est réellement utile.

15           De façon plus générale, si on considère que le système de cartographie fréquentielle fournit  $K$  symboles fréquentiels,  $K$  étant un entier strictement positif, on peut extraire un nombre de fréquences différent dans chacun de ces  $K$  symboles.

L'invention se généralise ainsi comme suit : il existe un  $K$ -uplet  
20    d'entiers positifs  $n_1, n_2, \dots, n_K$  dont l'un au moins est strictement positif, tel que pour un entier  $i$  variant de 1 à  $K$ , après extraction périodique d'une fréquence sur  $2^{n_i}$  parmi les fréquences du  $i^{\text{ème}}$  des  $K$  symboles fréquentiels, formant ainsi un symbole fréquentiel réduit à  $2^{p-n_i}$  fréquences, on obtient un ensemble de  $K$  symboles fréquentiels réduits représentatifs de la séquence d'information  
25    d'origine.

On peut choisir un entier strictement positif  $n_1 = n_2 = \dots = n_K = n$  de façon à extraire le même nombre de fréquences de tous les symboles fréquentiels. Ainsi, après extraction périodique d'une fréquence sur  $2^n$  parmi les fréquences de chacun des  $K$  symboles fréquentiels, formant ainsi un symbole  
30    fréquentiel réduit à  $2^{p-n}$  fréquences, on obtient l'ensemble des  $K$  symboles fréquentiels réduits.

La taille de la transformation de Fourier discrète rapide inverse appliquée à l'émission est  $N$ . Notons  $2^{p-n_i}$  la taille de la transformation de Fourier discrète rapide directe appliquée à la réception,  $n'_i$  étant un entier positif. La valeur maximale de  $n'_i$  est l'entier  $n_i$  défini précédemment, associé au  
 5  $i^{\text{ème}}$  des  $K$  symboles fréquentiels.

On choisit ainsi un  $K$ -uplet de granularités  $n'_1, n'_2, \dots, n'_K$ , entiers positifs respectivement inférieurs ou égaux aux entiers  $n_1, \dots, n_2, \dots, n_K$ .

Dans un mode particulier de réalisation, on choisit ces granularités d'autant plus grandes que la qualité de réception est meilleure.

10 Par exemple, on peut les choisir à partir d'une table de consultation donnant les valeurs de granularités possibles en fonction de rapports signal sur bruit.

En variante, on peut choisir les granularités à partir d'une table de consultation donnant les valeurs de granularités possibles en fonction de la  
 15 distance entre émetteur et récepteur, comme décrit plus haut.

On décode alors l'ensemble des symboles fréquentiels réduits suivant une technique de décodage fonction des granularités.

Si on extrait le même nombre de fréquences de tous les symboles fréquentiels, c'est-à-dire si  $n_1 = n_2 = \dots = n_K = n$ , le  $K$ -uplet de granularités  $n'_1, n'_2, \dots, n'_K$  se trouve réduit à une valeur unique  $n' \leq n$  et, lors de la réception, on  
 20 applique une transformation de Fourier discrète rapide directe de taille  $2^{p-n'}$ .

La **figure 9** illustre une variante du dispositif d'émission de la figure 3, dans laquelle le module de codage 90 est un turbocodeur à trois parités, constitué de trois codeurs convolutifs récurrents systématiques (notés "Codeur RSC 1", "Codeur RSC 2" et "Codeur RSC 3" sur la figure 9) et de deux  
 25 entrelaceurs (notés "Entrelaceur  $\pi_1$ " et "Entrelaceur  $\pi_2$ " sur la figure 9).

Le module 90 présente une sortie systématique  $x$ , une sortie correspondant à la première parité  $y_1$ , une sortie correspondant à la deuxième parité  $y_2$  et une sortie correspondant à la troisième parité  $y_3$ .

30 Les quatre séquences de symboles codés  $x, y_1, y_2, y_3$  sont fournies en entrée à un système de cartographie fréquentielle 92, qui les ordonne et les



place sur les sous-porteuses du spectre disponible comme le montre la **figure 10** : pour chaque bloc de 4 sous-porteuses,

- la sortie systématique  $x$  est placée sur la première sous-porteuse disponible, au sens de la fréquence la plus basse du bloc,
- 5        - la sortie du deuxième codeur RSC  $y_2$ , après entrelacement, est placée sur la sous-porteuse disponible suivante, c'est-à-dire la deuxième du bloc,
- la sortie du premier codeur RSC  $y_1$  est placée sur la troisième sous-porteuse disponible, c'est-à-dire la troisième du bloc et
- 10       - la quatrième sous-porteuse disponible, au sens de la fréquence la plus haute du bloc, est utilisée pour la sortie du troisième codeur RSC  $y_3$ .

Cette répartition est répétée pour l'ensemble des  $\ell$  blocs de 4 sous-porteuses du spectre disponible.

15       Le dispositif d'émission de la figure 9 comporte en outre, en sortie du système de cartographie fréquentielle 92, un modulateur OFDM 94. Le modulateur OFDM 94 applique aux symboles fréquents fournis par le système de cartographie fréquentielle 92 une transformation de Fourier discrète rapide inverse de taille  $N$ .

20       Un module d'émission 96, non représenté en détail, émet sur un canal de transmission des signaux obtenus à partir des signaux de transformée de Fourier inverse, après leur avoir appliqué des traitements classiques de modulation et de filtrage, bien connus de l'homme du métier, et éventuellement une modulation en bande transposée.

25       L'organigramme de la **figure 11** illustre les étapes successives du procédé d'émission de l'invention, dans un mode particulier de réalisation où l'émetteur comporte un turbocodeur à deux parités, comme c'est le cas pour le dispositif d'émission décrit plus haut à l'aide de la figure 3.

30       Lors d'une première étape E1, on code les données à transmettre à l'aide d'un code de correction d'erreurs, de façon à obtenir une séquence de symboles codés. A cet effet, on peut par exemple effectuer un turbocodage des données au moyen d'un turbocodeur à deux parités de rendement  $1/3$ .

On obtient donc à l'issue de l'étape E1 une suite de symboles codés correspondant à la sortie systématique  $x$ , une suite de symboles codés correspondant à la première parité  $y_1$  et une suite de symboles codés correspondant à la seconde parité  $y_2$ .

- 5            Au cours de l'étape suivante E2, on effectue une opération de report de cartographie dans l'espace fréquentiel, qui consiste à associer à chaque quadruplet  $(x, y_2, y_1, x)$  un bloc de 4 sous-porteuses.

On construit ainsi le spectre en fréquence comme une succession de  $\ell$  blocs de 4 sous-porteuses, comme illustré sur la figure 7 décrite précédemment.

- 10           Puis, à l'étape E3, on effectue une opération de transformation inverse, qui consiste à appliquer aux symboles fréquents obtenus à l'issue de l'étape E2 une transformation inversible comportant une multiplication par une matrice inversible de dimension égale à  $N \times N$ . Cette transformation peut par exemple être une transformation de Fourier discrète rapide inverse de taille  $N$ , la valeur de  $N$  étant avantageusement choisie de façon à être à la fois une puissance de 2 et égale à  $4\ell$ . A l'issue de l'étape E3, on obtient des symboles OFDM, qui sont ensuite émis, lors de l'étape E4, sur un canal de transmission.

- 20           L'organigramme de la **figure 12** illustre les étapes successives du procédé de réception de l'invention, adapté à décoder des données émises à l'aide d'un procédé d'émission tel que celui décrit à l'aide de la figure 11, dans un mode particulier de réalisation où on choisit de décoder les données par turbodécodage.

- 25           Une première étape E5 consiste à recevoir les données émises par l'émetteur, sous forme de symboles OFDM.

- 30           Ces symboles sont ensuite démodulés lors d'une étape E6, par application d'une transformation inverse de celle utilisée à l'émission, à savoir, dans l'exemple non limitatif décrit ici, une transformation de Fourier discrète rapide directe. Dans le mode de réalisation de la figure 12, étant donné qu'on a choisi le turbodécodage comme technique de décodage, il est nécessaire que la transformation de Fourier appliquée soit de taille  $N$ .

Ensuite, une étape E7 permet de récupérer les fréquences d'intérêt, c'est-à-dire, respectivement, celles portant les sorties systématiques  $x$ , celles portant les premières parités  $y_1$  et celles portant les secondes parités  $y_2$ .

Enfin, l'étape E8 consiste à effectuer un turbodécodage des données  
5 reçues obtenues à l'issue de l'étape E7. Cette opération de turbodécodage est classique et n'est donc pas détaillée ici.

L'organigramme de la **figure 13** illustre les étapes successives du procédé de réception de l'invention, adapté à décoder des données émises à l'aide d'un procédé d'émission tel que celui décrit à l'aide de la figure 11, dans  
10 un mode particulier de réalisation où on choisit de décoder les données par décodage de Viterbi.

L'étape de réception E9 est similaire à l'étape E5 de la figure 12.

L'étape suivante E10, de même que l'étape E6 de la figure 12, consiste à appliquer une transformation de Fourier discrète rapide directe aux  
15 données reçues. Cependant, étant donné qu'on a choisi le décodage de Viterbi comme technique de décodage, il suffit que la transformation appliquée soit ici de taille  $N/2$ .

L'étape suivante E11, de même que l'étape E7 de la figure 12, consiste à récupérer les fréquences d'intérêt, soit ici celles portant les sorties systématiques  $x$  et celles portant les premières parités  $y_1$ .  
20

Enfin, l'étape E12 consiste à effectuer un décodage de Viterbi des données reçues obtenues à l'issue de l'étape E11. Cette opération de décodage de Viterbi est classique et n'est donc pas détaillée ici.

L'organigramme de la **figure 14** illustre les étapes successives du procédé de réception de l'invention, adapté à décoder des données émises à l'aide d'un procédé d'émission tel que celui décrit à l'aide de la figure 11, dans  
25 un mode particulier de réalisation où on choisit de décoder les données par décodage à seuil.

L'étape de réception E13 est similaire à l'étape E5 de la figure 12.

L'étape suivante E14, de même que l'étape E6 de la figure 12, consiste à appliquer une transformation de Fourier discrète rapide directe aux  
30 données reçues. Cependant, étant donné qu'on a choisi le décodage à seuil

comme technique de décodage, il suffit que la transformation appliquée soit ici de taille  $N/4$ .

L'étape suivante E15, de même que l'étape E7 de la figure 12, consiste à récupérer les fréquences d'intérêt, ce qui revient ici à recueillir en série toutes les fréquences issues de l'opération E14 de démodulation OFDM, puisque toutes les fréquences portent les sorties systématiques  $x$ .

Enfin, l'étape E16 consiste à effectuer un décodage à seuil des données reçues obtenues à l'issue de l'étape E15. Cette opération de décodage à seuil est classique et n'est donc pas détaillée ici.

Les procédés de réception illustrés sur les figures 12, 13 et 14 peuvent se généraliser sous forme de la succession d'étapes suivante, au vu de la notion de granularité et des notations introduites plus haut :

- une opération de réception de  $K$  symboles fréquentiels ;
- une opération d'extraction, consistant, pour chaque entier  $i$  variant de 1 à  $K$ , à extraire périodiquement une fréquence sur  $2^{n'i}$  parmi les fréquences du  $i^{\text{ème}}$  des  $K$  symboles fréquentiels reçus, formant ainsi un symbole fréquentiel réduit à  $2^{p-n'i}$  fréquences ;
- une opération de transformation, consistant, pour chaque entier  $i$  variant de 1 à  $K$ , à appliquer au symbole fréquentiel réduit à  $2^{p-n'i}$  fréquences, une transformation inversible comportant une multiplication par une matrice inversible de dimension  $2^{p-n'i} \times 2^{p-n'i}$  ; et
- une opération de décodage de l'ensemble des  $K$  symboles fréquentiels réduits à  $2^{p-n'i}$  fréquences, formant ainsi une séquence d'information décodée.

Dans le mode particulier de réalisation de la figure 12,  $n'_1 = n'_2 = \dots = n'_K = 0$ .

Dans le mode particulier de réalisation de la figure 13,  $n'_1 = n'_2 = \dots = n'_K = 1$ .

Dans le mode particulier de réalisation de la figure 14,  $n'_1 = n'_2 = \dots = n'_K = 2$ .

L'organigramme de la **figure 15** illustre les étapes du procédé de réception de l'invention, adapté à décoder des données émises à l'aide d'un

procédé d'émission tel que celui décrit à l'aide de la figure 11, dans une variante de réalisation où on prend en compte la qualité du canal de transmission.

L'étape de réception E17 est similaire à l'étape E5 de la figure 12.

5 Elle est suivie d'une étape E18 consistant à estimer la qualité du canal de transmission. Cette opération classique peut être effectuée, par exemple, à partir de la mesure du rapport signal sur bruit, ou bien à partir de la mesure de la distance entre l'émetteur et le récepteur.

10 Puis le test E19 consiste à choisir la technique de décodage la mieux adaptée en fonction de l'estimation de la qualité du canal effectuée à l'étape E18 :

- si la qualité du canal est bonne, on effectue les étapes E20, E21 et E22 respectivement identiques aux étapes E14, E15 et E16 de la figure 14, c'est-à-dire que la transformation de Fourier discrète rapide directe est de taille N/4 et le décodage utilisé est un décodage à seuil ;

- si la qualité du canal est médiocre, on effectue les étapes E23, E24 et E25 respectivement identiques aux étapes E10, E11 et E12 de la figure 13, c'est-à-dire que la transformation de Fourier discrète rapide directe est de taille N/2 et le décodage utilisé est un décodage de Viterbi ;

20 - si la qualité du canal est mauvaise, on effectue les étapes E26, E27 et E28 respectivement identiques aux étapes E6, E7 et E8 de la figure 12, c'est-à-dire que la transformation de Fourier discrète rapide directe est de taille N et le décodage utilisé est un turbodécodage.

25 Ainsi, les valeurs de  $n_i$  précédemment définies, qui déterminent la taille de la transformation de Fourier discrète rapide directe à appliquer lors de la réception, sont choisies d'autant plus grandes que la qualité de réception est meilleure.

30 On peut par exemple avoir établi au préalable une table de consultation donnant les valeurs de granularités possibles en fonction de rapports signal sur bruit, ou encore une table de consultation donnant les valeurs de granularités possibles en fonction de la distance entre émetteur et récepteur.

Comme le montre la **figure 16**, un réseau selon l'invention est constitué d'une station dite station de base SB désignée par la référence 64, et de plusieurs stations périphériques  $SP_i$ ,  $i = 1, \dots, M$ ,  $M$  étant un entier supérieur ou égal à 1, respectivement désignées par les références  $66_1, 66_2, \dots, 66_M$ . Les stations périphériques  $66_1, 66_2, \dots, 66_M$  sont éloignées de la station de base SB, reliées chacune par une liaison radio avec la station de base SB et susceptibles de se déplacer par rapport à cette dernière.

Le schéma bloc de la **figure 17** représente une vue plus détaillée d'une station périphérique  $SP_i$ ,  $i = 1, \dots, M$  selon l'invention qui comprend une source de données 200 et un dispositif d'émission 220.

La station périphérique  $SP_i$  comporte par exemple une caméra numérique, un ordinateur, une imprimante, un serveur, un télécopieur, un scanner ou un appareil photographique numérique.

Le dispositif d'émission 220 comprend une unité de traitement de données 240 comprenant une unité de calcul CPU (en anglais "*Central Processing Unit*") 260, un moyen de stockage temporaire des données 280 (mémoire RAM), un moyen de stockage de données 300 (mémoire ROM), des moyens de saisie de caractères 320, tels qu'un clavier par exemple, des moyens de restitution d'image 340 tels qu'un écran par exemple, et des moyens d'entrée/sortie 360.

La RAM 280 contient, dans différents registres :

- des données d'entrée "*data1\_in*", provenant de la source de données 200 ;
- des données de sortie "*data1\_out*", obtenues à l'issue du déroulement du procédé d'émission de l'invention ; et
- les éléments courants des suites de bits  $x, y_1, y_2$  provenant du turbocodeur, dans un mode particulier de réalisation où le turbocodeur comporte deux parités.

La station périphérique  $SP_i$  comprend également un bloc d'émission 380 et un module radio 400 comportant un émetteur connu avec un ou plusieurs modulateurs, des filtres et une antenne radio (non représentés).



Le dispositif d'émission 220, grâce au programme "*Pe*", stocké en ROM 300 et dont la séquence d'instructions correspond aux étapes du procédé d'émission de l'invention, est apte à exécuter les étapes du procédé d'émission illustrées en figure 11.

5            La station périphérique SPi selon l'invention comprend par ailleurs, comme le montre la **figure 18**, un dispositif de réception 700 qui est constitué d'une unité de traitement de données correspondant à l'unité de traitement de données 240 déjà décrite en référence à la figure 17, d'un bloc de réception 720 et du module radio 400 avec son antenne tel que représenté en figure 17.

10           Dans le dispositif de réception 700, la RAM 280 contient, dans différents registres :

- des données d'entrée "*data2\_in*", provenant de l'émetteur, après passage dans un canal de transmission ;

15           - des données de sortie "*data2\_out*", obtenues à l'issue du déroulement du procédé de réception de l'invention, dans l'un quelconque de ses modes de réalisation ; et

- les estimées  $\hat{x}$ ,  $\hat{y}_1$ ,  $\hat{y}_2$  correspondant aux éléments courants des suites de bits  $x$ ,  $y_1$ ,  $y_2$  qui proviennent du turbocodeur utilisé par l'émetteur, si la FFT les a récupérés, ce qui dépend de la taille choisie pour cette FFT.

20           Le dispositif de réception 700, grâce aux programmes "*Prt*", "*Prv*" et "*Prs*" stockés en ROM 300 et dont les séquences d'instructions correspondent respectivement aux étapes des procédés de réception de l'invention avec turbodécodage (pour "*Prt*"), avec décodage de Viterbi (pour "*Prv*") et avec décodage à seuil (pour "*Prs*") est apte à exécuter indifféremment, soit les

25           étapes du procédé de réception avec turbodécodage illustrées en figure 12, soit les étapes du procédé de réception avec décodage de Viterbi illustrées en figure 13, soit les étapes du procédé de réception avec décodage à seuil illustrée en figure 14.

30           L'invention telle que décrite ci-dessus peut aussi bien être implémentée sur des stations dites de base, dans un réseau à architecture centralisée, que sur des stations dans un réseau à architecture distribuée.

## REVENDECATIONS

1. Procédé d'émission d'une séquence d'information d'origine, comportant :

- 5                   - une opération de codage (E1), consistant à coder ladite séquence d'information d'origine à l'aide d'un code de correction d'erreurs, de façon à obtenir une séquence de symboles codés ;
- une opération de cartographie fréquentielle (E2), consistant à associer à ladite séquence de symboles codés K symboles fréquentsiels dans un
- 10   espace fréquentiel constitué d'une suite ordonnée de  $2^p$  fréquences croissantes, périodiquement espacées et associées à une amplitude, chacun desdits K symboles fréquentsiels représentant N symboles codés, p, K et N étant des entiers strictement positifs ;
- une opération de transformation inverse (E3), consistant à
- 15   appliquer auxdits K symboles fréquentsiels une transformation inversible comportant une multiplication par une matrice inversible de dimension égale à  $N \times N$ , de façon à obtenir des signaux de transformée inverse ; et
- une opération d'émission (E4), consistant à émettre sur un canal
- 20   de transmission des signaux obtenus à partir desdits signaux de transformée inverse ;
- caractérisé en ce qu'il existe un K-uplet d'entiers positifs  $n_1, n_2, \dots, n_K$  dont l'un au moins est strictement positif, tel que pour un entier i variant de 1 à K, après
- extraction périodique d'une fréquence sur  $2^{n_i}$  parmi les fréquences du  $i^{\text{ème}}$  desdits K symboles fréquentsiels, formant ainsi un symbole fréquentiel réduit à
- 25    $2^{p-n_i}$  fréquences, on obtient un ensemble de K symboles fréquentsiels réduits représentatifs de ladite séquence d'information d'origine, en vue d'un décodage complet ou partiel.

2. Procédé d'émission selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il existe un entier strictement positif n tel que, après extraction périodique

30 d'une fréquence sur  $2^n$  parmi les fréquences de chacun desdits K symboles fréquentsiels, formant ainsi un symbole fréquentiel réduit à  $2^{p-n}$  fréquences, on

obtient un ensemble de K symboles fréquentiels réduits représentatifs de ladite séquence d'information d'origine.

3. Procédé d'émission selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite opération de codage (E1) comporte au moins une opération de  
5 codage convolutif récursif systématique.

4. Procédé d'émission selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que ladite opération de codage (E1) est une opération de turbocodage.

5. Procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite opération de transformation inverse  
10 (E3) est une opération de transformation de Fourier discrète rapide inverse.

6. Procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ladite séquence d'information d'origine a une longueur  $\ell$ , caractérisé en ce qu'on choisit une valeur de N qui soit à la fois une puissance de 2 et égale à  $4\ell$ .

7. Procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite opération de codage (E1) est une  
15 opération de turbocodage à deux parités et en ce que, lors de ladite opération de cartographie fréquentielle (E2), pour chaque bloc de quatre fréquences successives, correspondant respectivement à quatre sous-porteuses :

20 - on associe la sortie systématique (x) obtenue à l'issue de l'opération de turbocodage à la première sous-porteuse disponible, au sens de la fréquence la plus basse du bloc ;

- on associe la sortie de seconde parité (y2) obtenue à l'issue de l'opération de turbocodage à la deuxième sous-porteuse du bloc ;

25 - on associe la sortie de première parité (y1) obtenue à l'issue de l'opération de turbocodage à la troisième sous-porteuse du bloc ; et

- on associe également la sortie systématique (x) à la quatrième sous-porteuse disponible, au sens de la fréquence la plus haute du bloc.

8. Procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 1 à  
30 6, caractérisé en ce que ladite opération de codage (E1) est une opération de turbocodage à trois parités et en ce que, lors de ladite opération de

cartographie fréquentielle (E2), pour chaque bloc de quatre fréquences successives, correspondant respectivement à quatre sous-porteuses :

5       - on associe la sortie systématique (x) obtenue à l'issue de l'opération de turbocodage à la première sous-porteuse disponible, au sens de la fréquence la plus basse du bloc ;

      - on associe la sortie de deuxième parité (y2) obtenue à l'issue de l'opération de turbocodage à la deuxième sous-porteuse du bloc ;

      - on associe la sortie de première parité (y1) obtenue à l'issue de l'opération de turbocodage à la troisième sous-porteuse du bloc ; et

10       - on associe la sortie de troisième parité (y3) obtenue à l'issue de l'opération de turbocodage à la quatrième sous-porteuse disponible, au sens de la fréquence la plus haute du bloc.

15       9. Procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il met en œuvre une modulation de type OFDM.

      10. Dispositif d'émission d'une séquence d'information d'origine, comportant :

20       - des moyens de codage (30 ; 90), pour coder ladite séquence d'information d'origine à l'aide d'un code de correction d'erreurs, de façon à obtenir une séquence de symboles codés ;

25       - des moyens de cartographie fréquentielle (32 ; 92), pour associer à ladite séquence de symboles codés K symboles fréquents dans un espace fréquentiel constitué d'une suite ordonnée de  $2^p$  fréquences croissantes périodiquement espacées et associées à une amplitude, chacun desdits K symboles fréquents représentant N symboles codés, p, K et N étant des entiers strictement positifs ;

30       - des moyens de transformation inverse (34 ; 94), pour appliquer auxdits K symboles fréquents une transformation inversible comportant une multiplication par une matrice inversible de dimension égale à  $N \times N$ , de façon à obtenir des signaux de transformée inverse ; et

- des moyens d'émission (36 ; 96), pour émettre sur un canal de transmission des signaux obtenus à partir desdits signaux de transformée inverse ;

5 caractérisé en ce qu'il existe un K-uplet d'entiers positifs  $n_1, n_2, \dots, n_K$  dont l'un au moins est strictement positif, tel que pour un entier  $i$  variant de 1 à  $K$ , après extraction périodique d'une fréquence sur  $2^{n_i}$  parmi les fréquences du  $i^{\text{ème}}$  desdits  $K$  symboles fréquentiels, formant ainsi un symbole fréquentiel réduit à  $2^{P-n_i}$  fréquences, on obtient un ensemble de  $K$  symboles fréquentiels réduits représentatifs de ladite séquence d'information d'origine, en vue d'un décodage  
10 complet ou partiel.

11. Dispositif d'émission selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il existe un entier strictement positif  $n$  tel que, après extraction périodique d'une fréquence sur  $2^n$  parmi les fréquences de chacun desdits  $K$  symboles fréquentiels, formant ainsi un symbole fréquentiel réduit à  $2^{P-n}$  fréquences, on  
15 obtient un ensemble de  $K$  symboles fréquentiels réduits représentatifs de ladite séquence d'information d'origine.

12. Dispositif d'émission selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que lesdits moyens de codage (30 ; 90) comportent au moins des premiers moyens de codage convolutif récursif systématique.

20 13. Dispositif d'émission selon la revendication 10, 11 ou 12, caractérisé en ce que lesdits moyens de codage (30 ; 90) sont des moyens de turbocodage.

14. Dispositif d'émission selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que lesdits moyens de transformation inverse (34 ;  
25 94) sont des moyens de transformation de Fourier discrète rapide inverse.

15. Dispositif d'émission selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, dans lequel ladite séquence d'information d'origine a une longueur  $\ell$ , caractérisé en ce qu'on choisit pour ledit nombre prédéterminé ( $N$ ) une valeur qui soit à la fois une puissance de 2 et égale à  $4\ell$ .

30 16. Dispositif d'émission selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, caractérisé en ce que lesdits moyens de codage (30) sont des moyens de turbocodage à deux parités et en ce que lesdits moyens de cartographie

fréquentielle (32) associent, pour chaque bloc de quatre fréquences successives, correspondant respectivement à quatre sous-porteuses :

- la sortie systématique (x) des moyens de turbocodage à la première sous-porteuse disponible, au sens de la fréquence la plus basse du bloc ;
- la sortie de seconde parité (y2) des moyens de turbocodage à la deuxième sous-porteuse du bloc ;
- la sortie de première parité (y1) des moyens de turbocodage à la troisième sous-porteuse du bloc ; et
- la sortie systématique (x) également à la quatrième sous-porteuse disponible, au sens de la fréquence la plus haute du bloc.

17. Dispositif d'émission selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, caractérisé en ce que lesdits moyens de codage (90) sont des moyens de turbocodage à trois parités et en ce que lesdits moyens de cartographie fréquentielle (92) associent, pour chaque bloc de quatre fréquences, correspondant respectivement à quatre sous-porteuses :

- la sortie systématique (x) des moyens de turbocodage à la première sous-porteuse disponible, au sens de la fréquence la plus basse du bloc ;
- la sortie de deuxième parité (y2) des moyens de turbocodage à la deuxième sous-porteuse du bloc ;
- la sortie de première parité (y1) des moyens de turbocodage à la troisième sous-porteuse du bloc ; et
- la sortie de troisième parité (y3) des moyens de turbocodage à la quatrième sous-porteuse du bloc, au sens de la fréquence la plus haute du bloc.

18. Dispositif d'émission selon l'une quelconque des revendications 10 à 17, caractérisé en ce qu'il met en œuvre une modulation de type OFDM.

19. Procédé de réception de signaux représentatifs d'une séquence d'information d'origine émise à l'aide d'un procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que, à partir d'un K-uplet de granularités égales à des entiers positifs  $n'_1, n'_2, \dots, n'_K$  tels que chaque

entier  $n'_i$  est inférieur ou égal audit entier  $n_i$ , ledit procédé de réception comporte :

- une opération de réception de K symboles fréquentiels émis à l'aide dudit procédé d'émission ;
- 5                   - une opération d'extraction, consistant, pour chaque entier i variant de 1 à K, à extraire périodiquement une fréquence sur  $2^{n'_i}$  parmi les fréquences du  $i^{\text{ème}}$  desdits K symboles fréquentiels reçus, formant ainsi un symbole fréquentiel réduit à  $2^{p-n'_i}$  fréquences ;
- une opération de transformation (E6 ; E10 ; E14), consistant, pour  
10 chaque entier i variant de 1 à K, à appliquer audit symbole fréquentiel réduit à  $2^{p-n'_i}$  fréquences, une transformation inversible comportant une multiplication par une matrice inversible de dimension  $2^{p-n'_i} \times 2^{p-n'_i}$  ; et
- une opération de décodage (E8 ; E12 ; E16) de l'ensemble des K symboles fréquentiels réduits à  $2^{p-n'_i}$  fréquences, formant ainsi une séquence  
15 d'information décodée.

20. Procédé de réception selon la revendication 19, caractérisé en ce qu'on détermine ledit K-uplet de granularités lors d'une opération de choix.

21. Procédé de réception selon la revendication 19 ou 20, ladite séquence d'information d'origine ayant été émise à l'aide d'un procédé  
20 d'émission selon la revendication 2, caractérisé en ce que, à partir d'une granularité égale à un entier positif  $n'$  inférieur ou égal audit entier  $n$ , ledit procédé de réception comporte :

- une opération de réception de K symboles fréquentiels émis à l'aide dudit procédé d'émission ;
- 25                   - une opération d'extraction, consistant à extraire périodiquement une fréquence sur  $2^{n'}$  parmi les fréquences de chacun desdits K symboles fréquentiels reçus, formant ainsi un symbole fréquentiel réduit à  $2^{p-n'}$  fréquences ;
- une opération de transformation (E6 ; E10 ; E14), consistant à  
30 appliquer, à chacun desdits K symboles fréquentiels réduits à  $2^{p-n'}$  fréquences, une transformation inversible comportant une multiplication par une matrice inversible de dimension  $2^{p-n'} \times 2^{p-n'}$  ; et

- une opération de décodage (E8 ; E12 ; E16) de l'ensemble des K symboles fréquentiels réduits à  $2^{p-n}$  fréquences, formant ainsi une séquence d'information décodée.

22. Procédé de réception selon la revendication 21, caractérisé en ce qu'on détermine ladite granularité lors d'une opération de choix.

23. Procédé de réception selon la revendication 20 ou 22, caractérisé en ce que ladite opération de choix consiste à choisir ladite ou lesdites granularités d'autant plus grandes que la qualité de réception est meilleure.

24. Procédé de réception selon la revendication 20, 22 ou 23, caractérisé en ce que ladite opération de choix consiste à choisir ladite ou lesdites granularités à partir d'une table de consultation donnant les valeurs de granularités possibles en fonction de rapports signal sur bruit.

25. Procédé de réception selon la revendication 20, 22, 23 ou 24, caractérisé en ce que ladite opération de choix consiste à choisir ladite ou lesdites granularités à partir d'une table de consultation donnant les valeurs de granularités possibles en fonction de la distance entre un émetteur mettant en œuvre un procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 et un récepteur mettant en œuvre ledit procédé de réception.

26. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 19 à 25, caractérisé en ce que ladite opération de transformation (E6 ; E10 ; E14) est une opération de transformation de Fourier discrète rapide directe.

27. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 19 à 26, caractérisé en ce que ladite opération de décodage (E8 ; E12 ; E16) consiste à décoder ledit ensemble de symboles fréquentiels réduits suivant une technique de décodage fonction de ladite ou desdites granularités.

28. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 19 à 27, caractérisé en ce que ladite opération de décodage (E8) est une opération de turbodécodage.

29. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 19 à 27, caractérisé en ce que ladite opération de décodage (E12) est une opération de décodage de Viterbi.



30. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 19 à 27, caractérisé en ce que ladite opération de décodage (E16) est une opération de décodage à seuil.

31. Dispositif de réception de signaux représentatifs d'une séquence d'information d'origine émise par un dispositif d'émission selon l'une quelconque des revendications 10 à 18, caractérisé en ce que, à partir d'un K-uplet de granularités égales à des entiers positifs  $n'_1, n'_2, \dots, n'_K$  tels que chaque entier  $n'_i$  est inférieur ou égal audit entier  $n_i$ , ledit dispositif de réception comporte :

- des moyens de transformation (40 ; 50 ; 60), pour appliquer, pour chaque entier  $i$  variant de 1 à K, audit symbole fréquentiel réduit à  $2^{p-n'_i}$  fréquences, une transformation inversible comportant une multiplication par une matrice inversible de dimension  $2^{p-n'_i} \times 2^{p-n'_i}$  ; et
- des moyens de décodage (44 ; 54 ; 64), pour décoder l'ensemble des K symboles fréquents réduits à  $2^{p-n'_i}$  fréquences, formant ainsi une séquence d'information décodée.

32. Dispositif de réception selon la revendication 31, caractérisé en ce qu'on détermine ledit K-uplet de granularités à l'aide de moyens de choix.

33. Dispositif de réception selon la revendication 31 ou 32, ladite séquence d'information d'origine ayant été émise par un dispositif d'émission selon la revendication 11, caractérisé en ce que, à partir d'une granularité égale à un entier positif  $n'$  inférieur ou égal audit entier  $n$ , ledit dispositif de réception comporte :

- des moyens de transformation (40 ; 50 ; 60), pour appliquer, à chacun desdits K symboles fréquents réduits à  $2^{p-n'}$  fréquences, une transformation inversible comportant une multiplication par une matrice inversible de dimension  $2^{p-n'} \times 2^{p-n'}$  ; et
- des moyens de décodage (44 ; 54 ; 64), pour décoder l'ensemble des K symboles fréquents réduits à  $2^{p-n'}$  fréquences, formant ainsi une séquence d'information décodée.

34. Dispositif de réception selon la revendication 33, caractérisé en ce qu'on détermine ladite granularité à l'aide de moyens de choix.

35. Dispositif de réception selon la revendication 32 ou 34, caractérisé en ce que lesdits moyens de choix choisissent ladite ou lesdites granularités d'autant plus grandes que la qualité de réception est meilleure.

5 36. Dispositif de réception selon la revendication 32, 34 ou 35, caractérisé en ce que lesdits moyens de choix choisissent ladite ou lesdites granularités à partir d'une table de consultation donnant les valeurs de granularités possibles en fonction de rapports signal sur bruit.

10 37. Dispositif de réception selon la revendication 32, 34, 35 ou 36, caractérisé en ce que lesdits moyens de choix choisissent ladite ou lesdites granularités à partir d'une table de consultation donnant les valeurs de granularités possibles en fonction de la distance entre un émetteur comportant un dispositif d'émission selon l'une quelconque des revendications 10 à 18 et un récepteur comportant ledit dispositif de réception.

15 38. Dispositif de réception selon l'une quelconque des revendications 31 à 37, caractérisé en ce que lesdits moyens de transformation (40 ; 50 ; 60) sont des moyens de transformation de Fourier discrète rapide directe.

20 39. Dispositif de réception selon l'une quelconque des revendications 31 à 38, caractérisé en ce que lesdits moyens de décodage (44 ; 54 ; 64) décodent ledit ensemble de symboles fréquentiels réduits suivant une technique de décodage fonction de ladite ou desdites granularités.

40. Dispositif de réception selon l'une quelconque des revendications 31 à 39, caractérisé en ce que lesdits moyens de décodage (44) sont des moyens de turbodécodage.

25 41. Dispositif de réception selon l'une quelconque des revendications 31 à 39, caractérisé en ce que lesdits moyens de décodage (54) sont des moyens de décodage de Viterbi.

42. Dispositif de réception selon l'une quelconque des revendications 31 à 39, caractérisé en ce que lesdits moyens de décodage (64) sont des moyens de décodage à seuil.

30 43. Appareil de traitement de signaux numériques, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.

44. Appareil de traitement de signaux numériques, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 19 à 30.

5 45. Appareil de traitement de signaux numériques, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif d'émission selon l'une quelconque des revendications 10 à 18.

46. Appareil de traitement de signaux numériques, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de réception selon l'une quelconque des revendications 31 à 42.

10 47. Réseau de télécommunications, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.

15 48. Réseau de télécommunications, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 19 à 30.

49. Réseau de télécommunications, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif d'émission selon l'une quelconque des revendications 10 à 18.

20 50. Réseau de télécommunications, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de réception d'information selon l'une quelconque des revendications 31 à 42.

51. Station mobile dans un réseau de télécommunications, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.

25 52. Station mobile dans un réseau de télécommunications, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 19 à 30.

53. Station mobile dans un réseau de télécommunications, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif d'émission selon l'une quelconque des revendications 10 à 18.

30 54. Station mobile dans un réseau de télécommunications, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif de réception selon l'une quelconque des revendications 31 à 42.

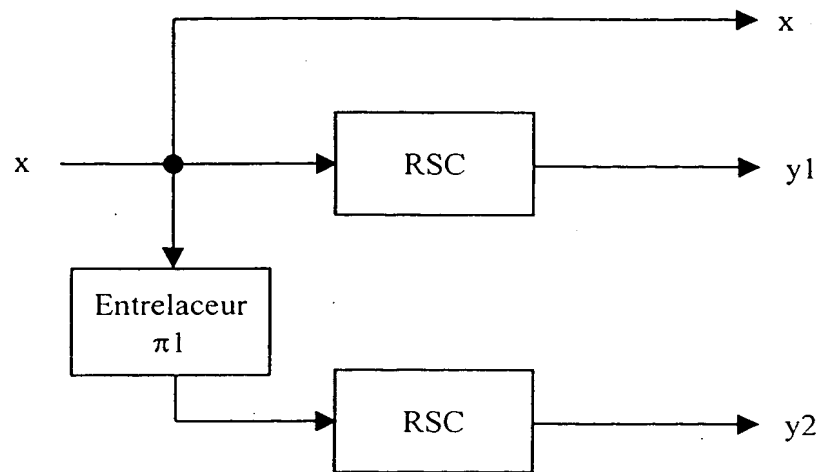


FIG. 1

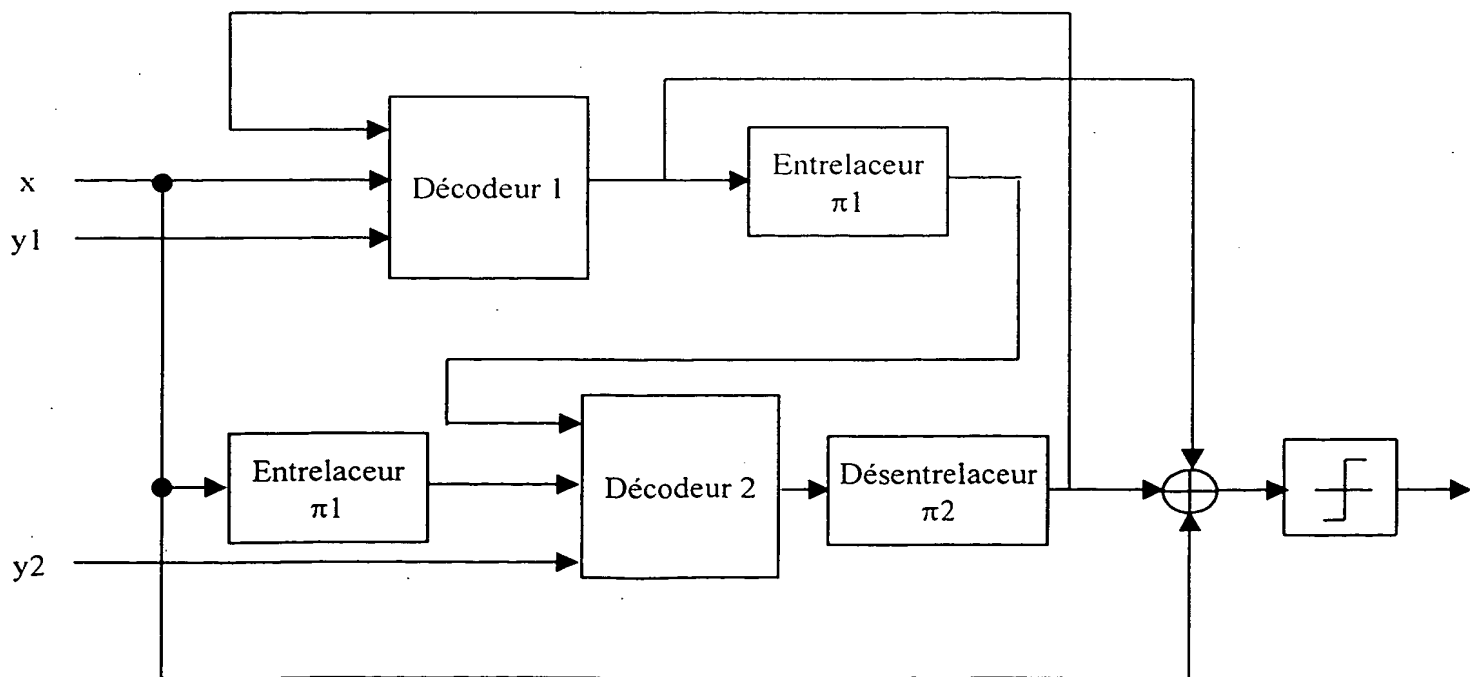
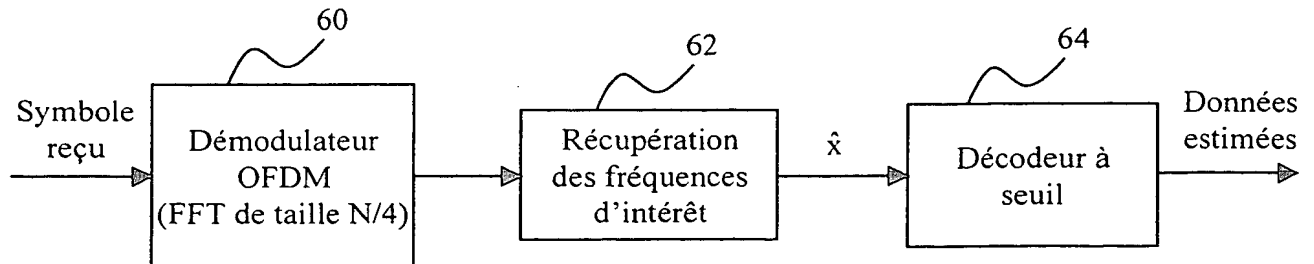
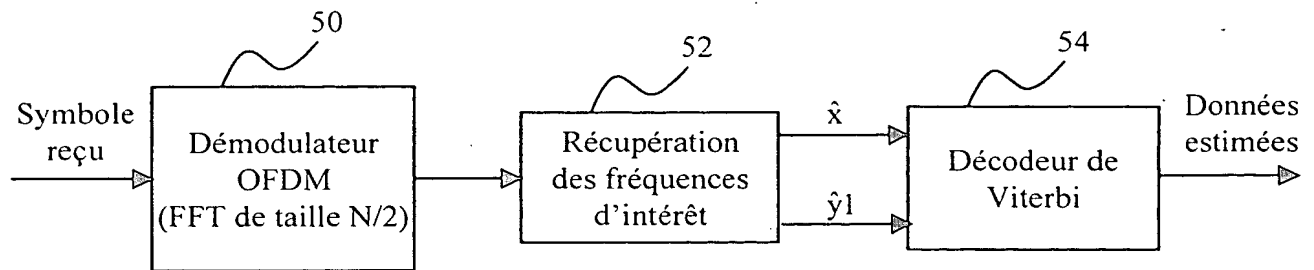
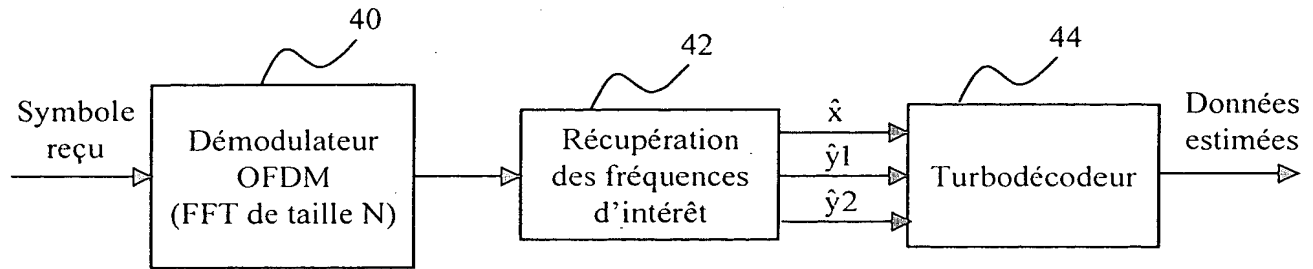
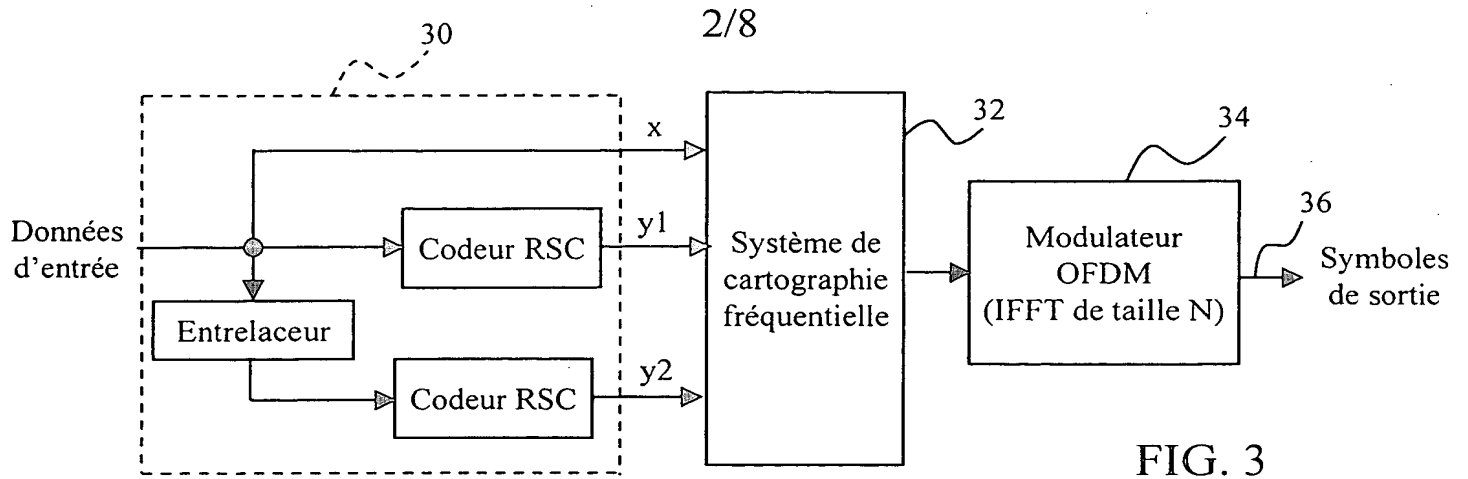


FIG. 2



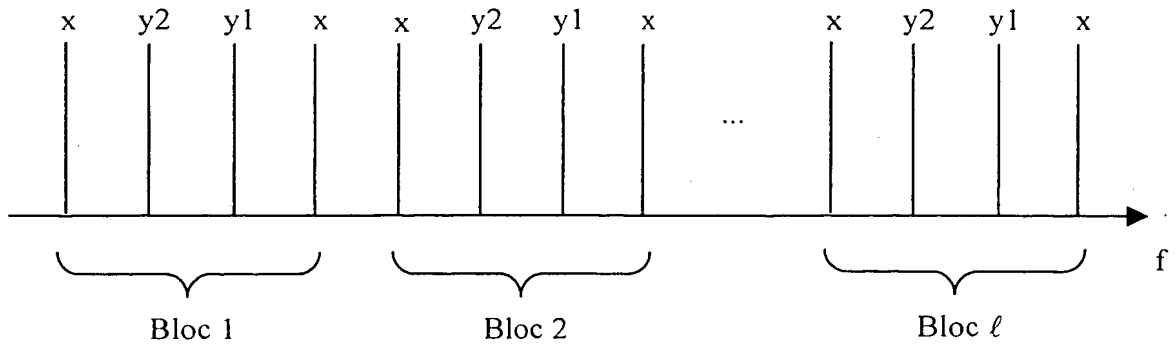


FIG. 7

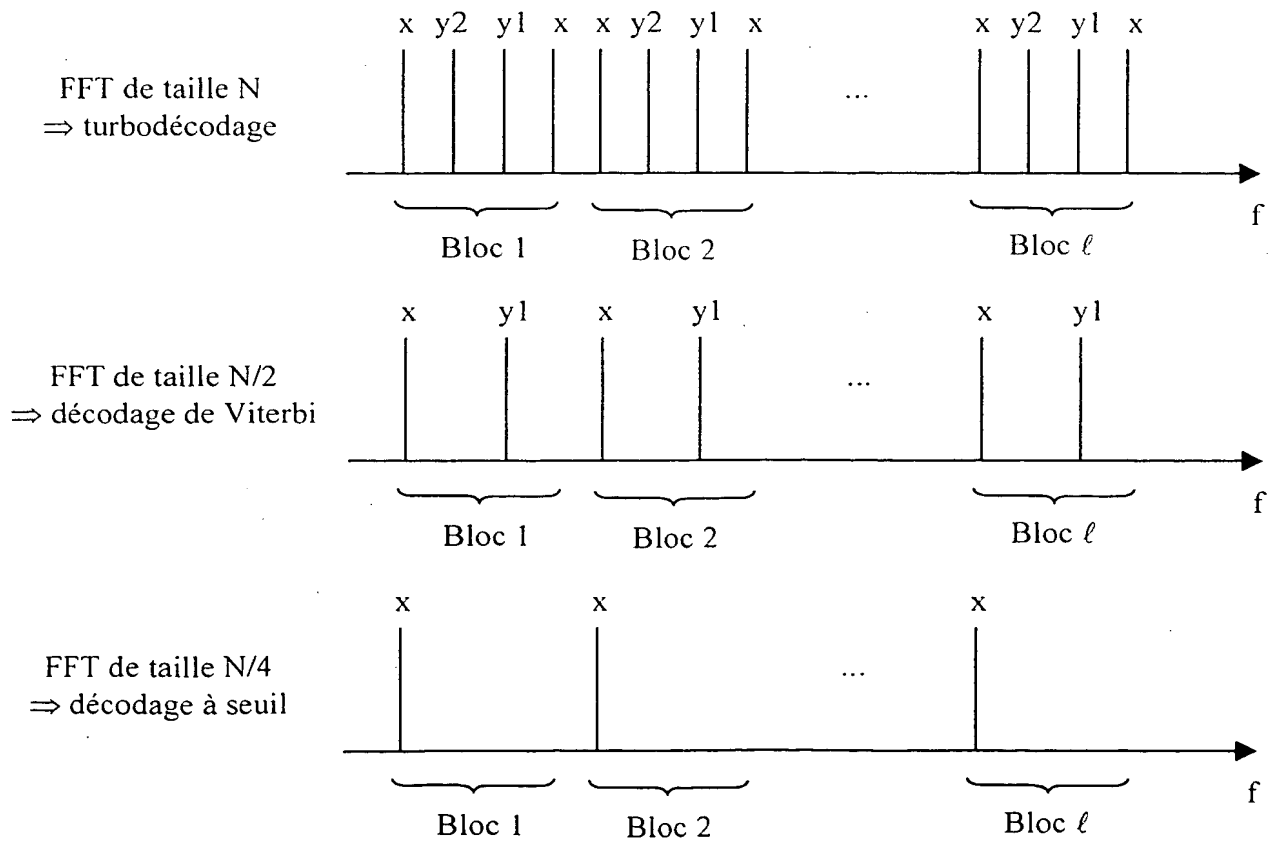


FIG. 8

4/8

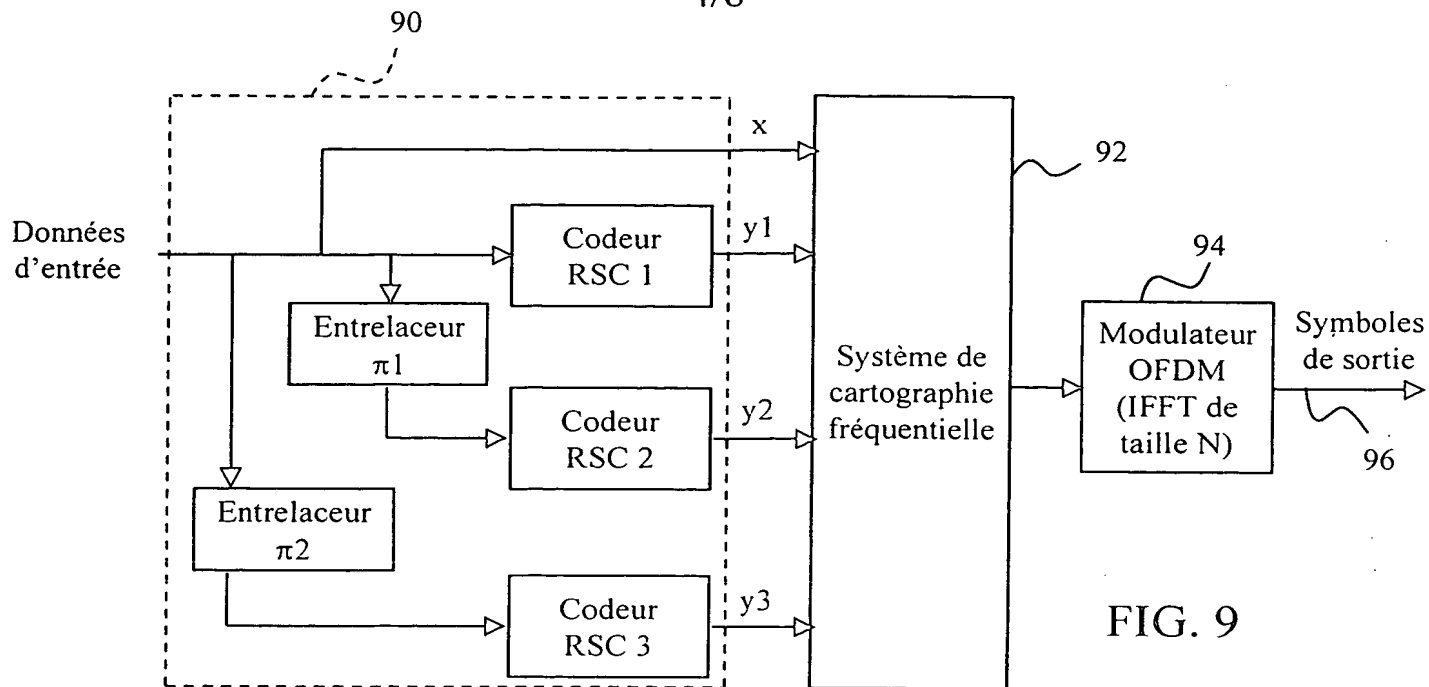


FIG. 9

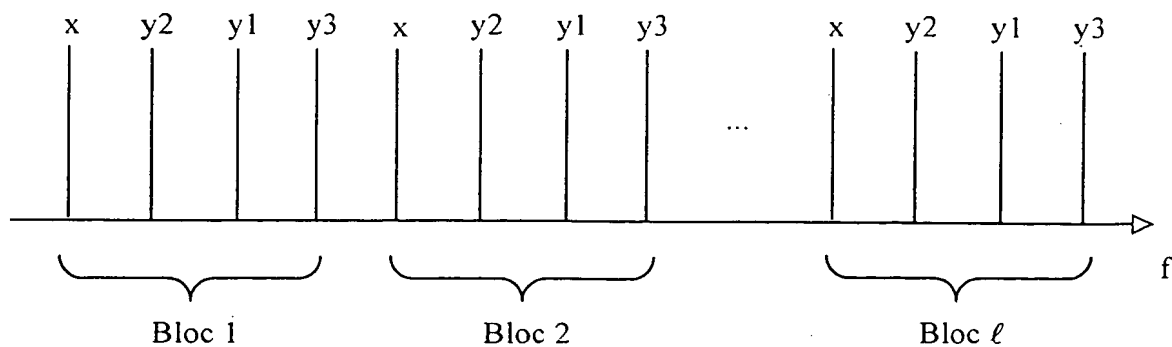


FIG. 10

5/8

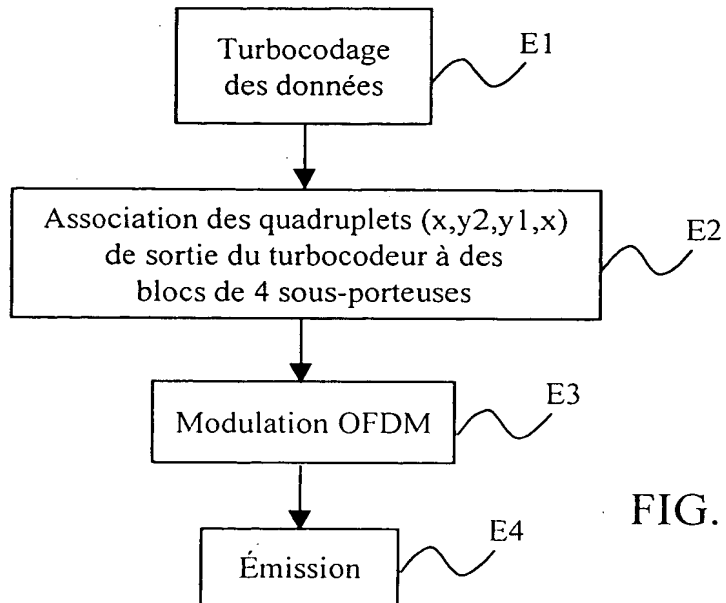


FIG. 11

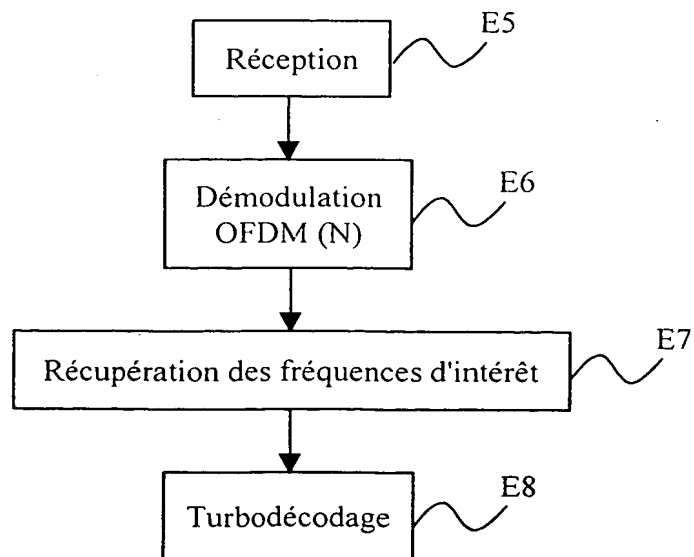


FIG. 12



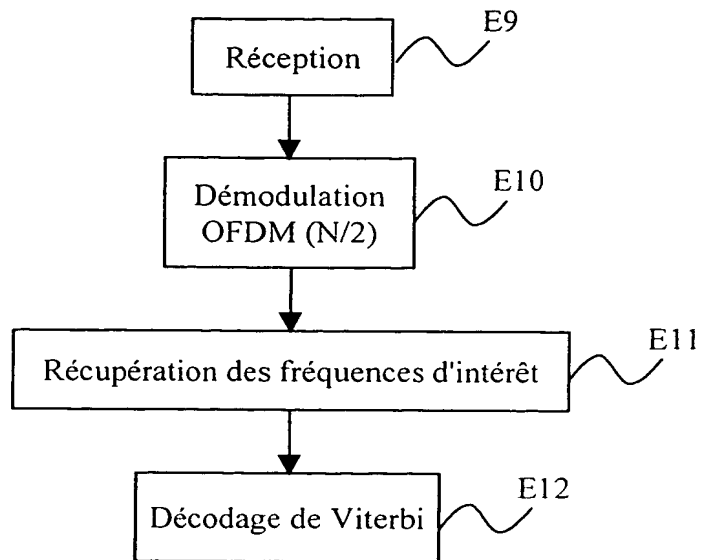


FIG. 13

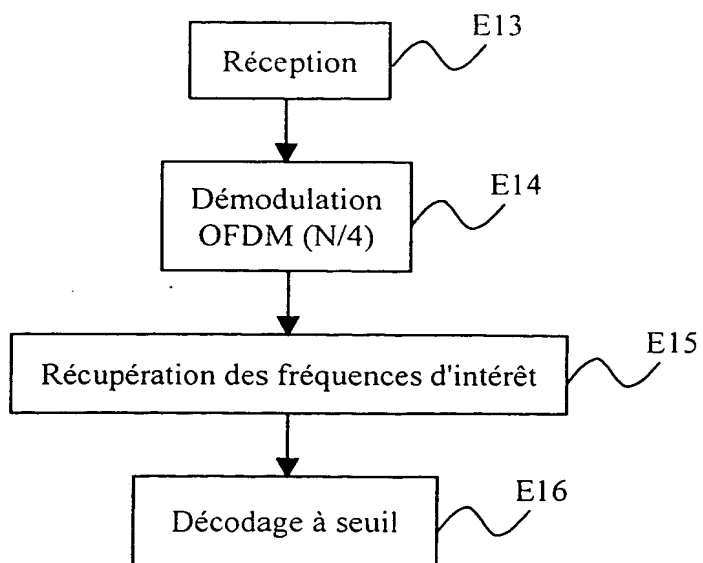


FIG. 14

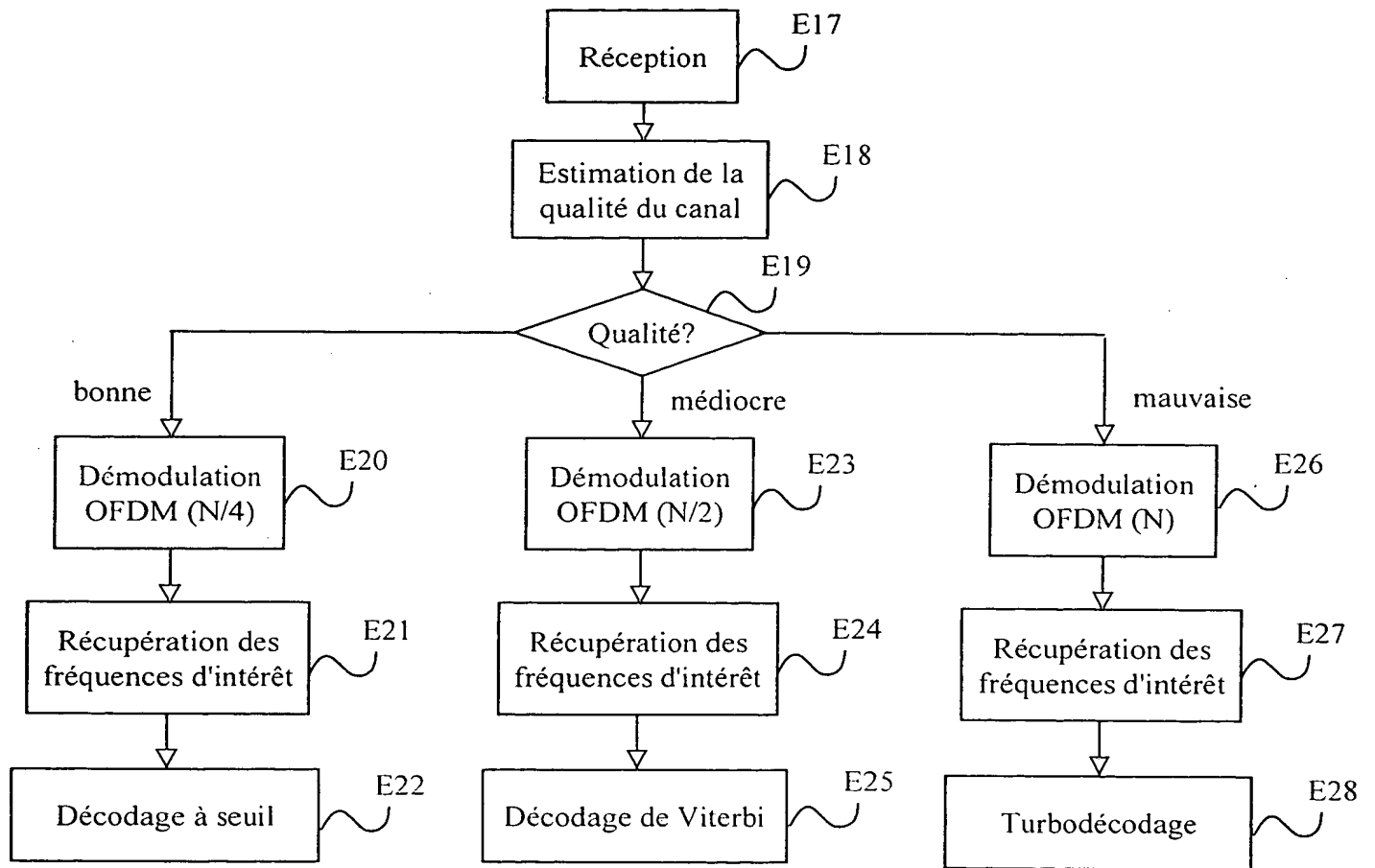


FIG. 15

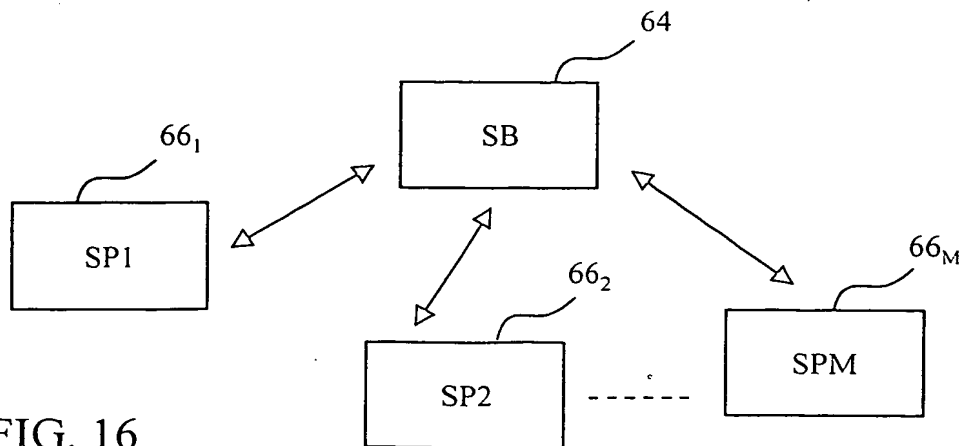


FIG. 16

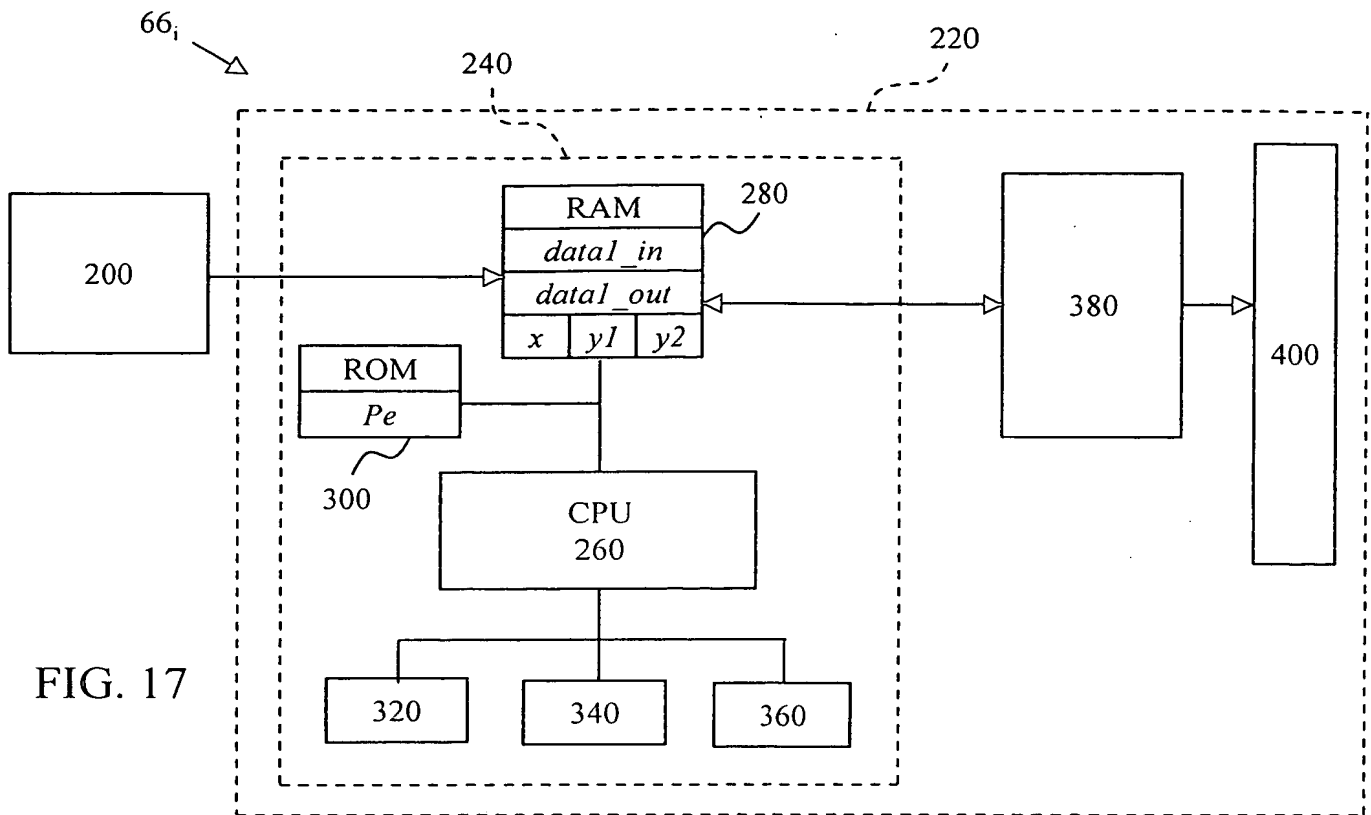


FIG. 17

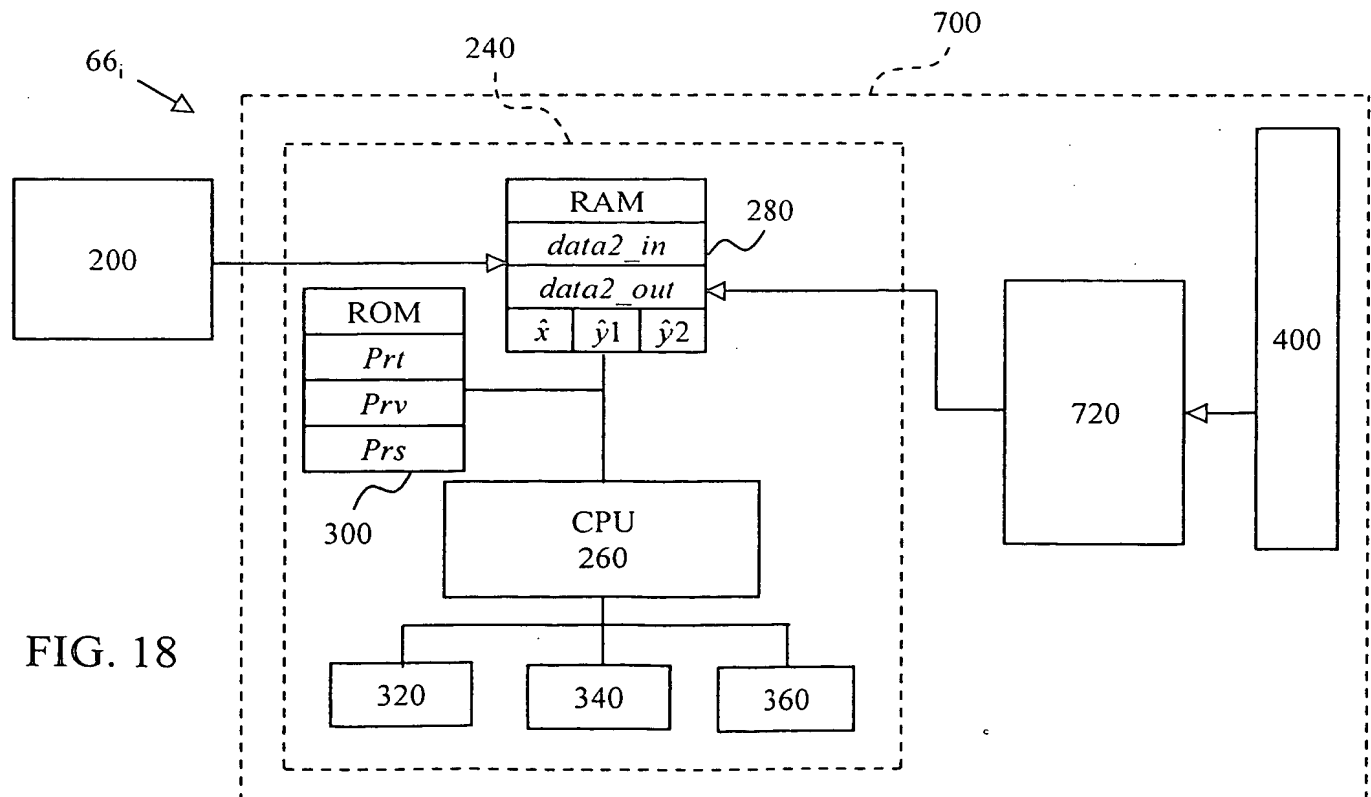


FIG. 18

**BEST AVAILABLE COPY**